Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 25 (1968)

Heft: 3

Artikel: Ueberblick und Ergebnisse von Modellversuchen über Schutz- und Sanierungsmassnahmen bei Oelunfällen

Autor: Dracos, Th.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-783079

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Gewässerschutz und Lufthygiene

Redaktioneller Teil der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene (VGL)
Allgemeines Redaktions-Sekretariat: Dr. H. E. Vogel, Kürbergstrasse 19, 8049 Zürich, Telefon (051) 44 56 78

Von Prof. Dr. Th. Dracos, Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE) an der ETH, Zürich

Ueberblick und Ergebnisse von Modellversuchen über Schutz- und Sanierungsmassnahmen bei Oelunfällen

628.192.001.575 : 662.753.2

Seit einigen Jahren werden im Auftrag des Eidg. Amtes für Gewässerschutz durch die VAWE Versuche zur Abklärung des Verhaltens und der Bewegung von Mineralölprodukten in Grundwasserträgern durchgeführt. Die ersten Resultate dieser Versuche wurden in der Mitteilung der VAWE Nr. 72 bekanntgegeben. Anhand einiger Bilder sollen hier die wichtigsten Erkenntnisse dieser ersten Untersuchung in Erinnerung gerufen werden.

Die Grundwasserträger, darunter wollen wir hier nur Lockergesteinsablagerungen verstehen, bestehen aus einem Korngerüst, dessen Hohlräume, die Poren, in zusammenhängenden Porengängen kapillarer Grösse verbunden sind. In diesem Porenraum befindet sich und bewegt sich das Grundwasser. In einem Grundwasserträger, der mit der Atmospäre in Verbindung steht, stellt man einen Grundwasserspiegel fest. Dieser wird definiert als der geometrische Ort aller Punkte, in welchen der Druck gleich dem atmosphärischen Druck ist. In den Kapillaren des Bodens steigt das Wasser oberhalb des Wasserspiegels. Die Anzahl der mit Wasser gefüllten Porengänge nimmt mit zunehmender Höhe über dem Wasserspiegel, proportional zur Verteilung der Porengrössen, ab. Das Verhältnis des mit Wasser gefüllten Porenraumes zum totalen Porenvolumen eines Volumenelementes nennt man die Sättigung. Trägt man die Sättigung in Funktion der Höhe über dem Wasserspiegel auf, so bekommt man eine Kurve, deren allgemeiner Verlauf in Abb. 1 dargestellt wird.

Unterhalb des Wasserspiegels im Bereich seiner Schwankung bleibt die Sättigung konstant, meistens zwischen 90 und 100 Prozent.

Der Abfluss einer Flüssigkeit in einem Grundwasserträger gehorcht dem Gesetz von Darcy:

$$v = k J$$

Dieses Gesetz sagt aus, dass die Geschwindigkeit v proportional zum Gefälle J ist. Der Proportionalitätsfaktor wird Durchlässigkeitskoeffizient genannt und in cm/s angegeben. Die Geschwindigkeit wird definiert durch die Beziehung

$$v = \frac{Q}{F}$$

und ist gleich der sekundlichen Durchflussmenge Q, dividiert durch den totalen Durchflussquerschnitt F. In F sind sowohl die Körner als auch die Poren enthalten. Diese Formel gilt, wenn alle Poren mit Wasser gefüllt sind, d. h. wenn die Sättigung 100prozentig ist. Nimmt die Sättigung ab, so sind die wasserführenden Porengänge weniger zahlreich. Der sekundliche Durchfluss Q und somit auch v wird bei sonst gleichleitender Querschnittsfläche F und Gefälle J kleiner. Das heisst aber, dass der Durchlässigkeitskoeffizient k mit abnehmender Sättigung auch abnimmt. Wenn schliesslich die in den Poren sich befindende Flüssigkeit nicht zusammenhängend ist, wird ein Abfliessen auch bei beliebig grossem Gefälle J unmöglich. Der k-Wert wird in dem Fall gleich Null. Die Sättigung, bei der jegliche Bewegung einer Flüssigkeit aufhört, nennen wir Residualsättigung.

Die Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Sättigung und Durchlässigkeit für verschiedene Bodenarten hat zu einer Beziehung geführt, die in Abb. 2 dargestellt wird.

Nun soll noch das Problem der Bewegung von Wasser und Oel in Grundwasserträgern kurz gestreift werden. Wasser und Oel sind zwei nichtmischbare Flüssigkeiten. An den Kontaktstellen zweier nichtmischbarer Flüssigkeiten entsteht eine zusätzliche Kraft, die wir Grenz- oder Oberflächenspannung nennen. Wenn zwei solche Flüssigkeiten mit einer festen Wand, hier mit den Wänden der Porengänge, in Berührung kommen, hat die eine der Flüssigkeiten die Tendenz, die Oberfläche der festen Wand zu benetzen und die andere davon zu verdrängen. Wie aus Abb. 3 hervorgeht, hat das Wasser die Tendenz, das Oel aus einer Kapillare zu verdrängen.

Demnach kann das Wasser aus einem Porengang durch im Boden eindringendes Oel erst dann verdrängt werden, wenn genügend Ueberdruck aufgebracht wird. Dieser Ueberdruck muss um so grösser sein, je feiner die Porengänge sind. Das ist einer der Gründe, dass das Oel sich in den gröberen Poren sammelt. Was für den Zusammenhang zwischen Sättigung und Durchlässigkeitskoeffizienten für das Wasser gesagt wurde, gilt auch für das Oel. Abbildung 2 zeigt, dass mit abnehmender Oelsättigung und zunehmender Wassersättigung die Durchlässigkeit entsprechend ab- resp. zunimmt. Die Abnahme des k-Wertes für Oel in der Nähe der 100prozentigen

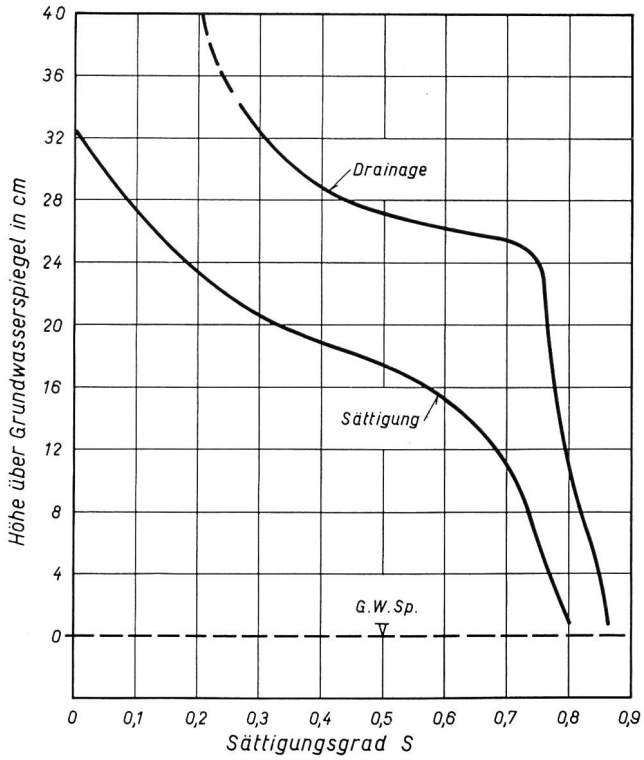


Abb. 1. Verlauf der Sättigung in einem Sand in Funktion der Höhe über dem Grundwasserspiegel

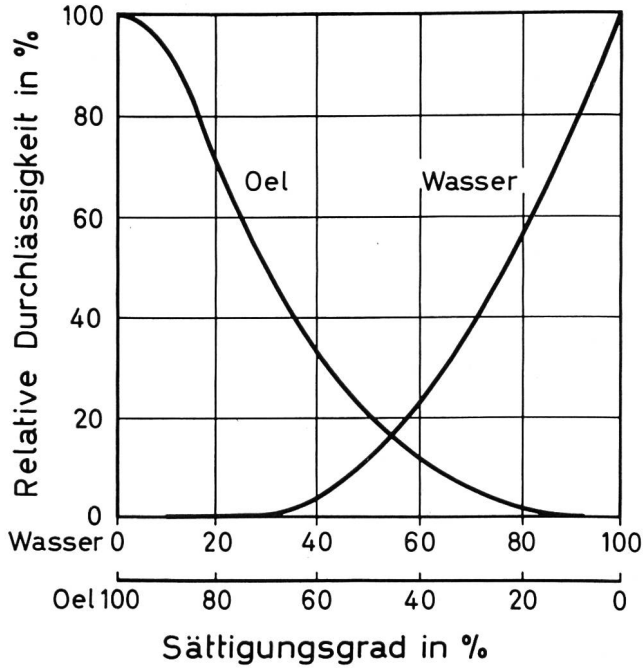


Abb. 2. Relative Durchlässigkeit in Funktion der Wasser-Oel-Sättigung

Sättigung ist weniger stark als diejenige für Wasser, weil das Oel zuerst von den feinen Poren, die wenig zum Durchfluss beitragen, verdrängt wird.

Gestützt auf diese Feststellungen kann man nun die Vorgänge bei einer Oelinfiltration wie folgt beschreiben (Abb. 4).

Das Oel fliesst zunächst unter der Wirkung des Eigengewichtes innerhalb der freien Porengänge des oberen Bereiches des Kapillarsaumes vertikal nach unten. Diese Bewegung hört auf, bevor der Grundwasserspiegel erreicht wird. Der Grund ist, dass bei einer Wassersättigung von über 75 bis 80 % keine freien, d. h. mit Luft gefüllten zusammenhängenden Porengänge vorkommen. Das Oel trifft eine geschlossene Wasserfront an, und da es das Wasser nicht verdrängen kann, beginnt es sich in horizontaler Richtung auszubreiten. Solange das Oel noch einen Ueberdruck aufweist, ist die Oelausbreitung symmetrisch. Mit zunehmender Ausbreitung baut sich der Ueberdruck im Oel ab und das hydraulische Gefälle beginnt wirksam zu werden. Von dem Moment an findet praktisch eine Ausbreitung nur in Fliessrichtung

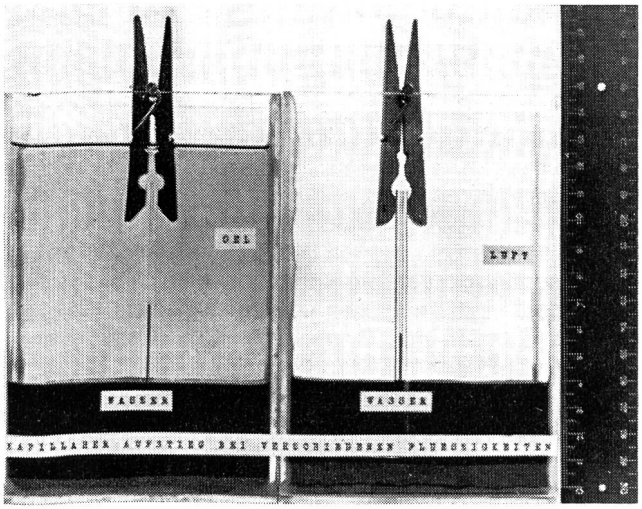


Abb. 3. Verdrängen von Oel und Luft aus einer Kapillare durch Wasser

statt. Sie hört ihrerseits auf, sobald die Oelsättigung auf die Residualsättigung abgesunken ist.

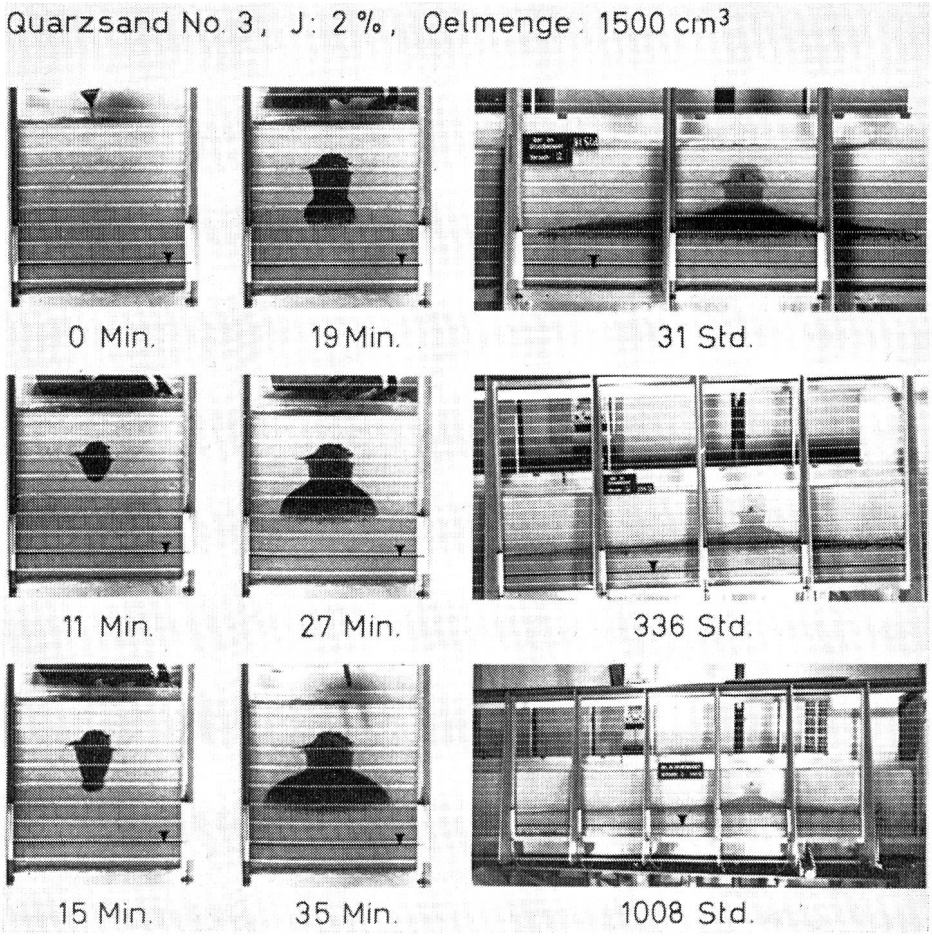
Die hier beschriebenen Vorgänge gelten selbstverständlich nur für homogene Grundwasserträger. Geologisch bedingte Inhomogenitäten werden zur Folge haben, dass das Oel sich stärker in Richtung der lockeren Lagerung und der gröberen Porengänge ausbreiten wird.

Während dieser Versuche wurde der Wasserspiegel auf konstanter Höhe gehalten. In natürlichen Grundwasserträgern schwankt der Grundwasserspiegel. Es wurde deswegen in einigen Versuchen der Einfluss der Bewegung des Wasserspiegels auf die Oelausbreitung untersucht.

a) Hebung des Grundwasserspiegels (Abb. 5)

Nach der Infiltration von 9 l Oel und solange noch die Oelsättigung relativ gross war, hat man mit der Hebung des Wasserspiegels begonnen. Dies erfolgte durch Hebung des freien Wasserspiegels am Ein- und Auslauf der Rinne. An der Abnahme der Farbintensität

Abb. 4.
Oelinfiltration in einem homogenen Grundwasserträger (Fliessrichtung des Grundwassers von rechts nach links)



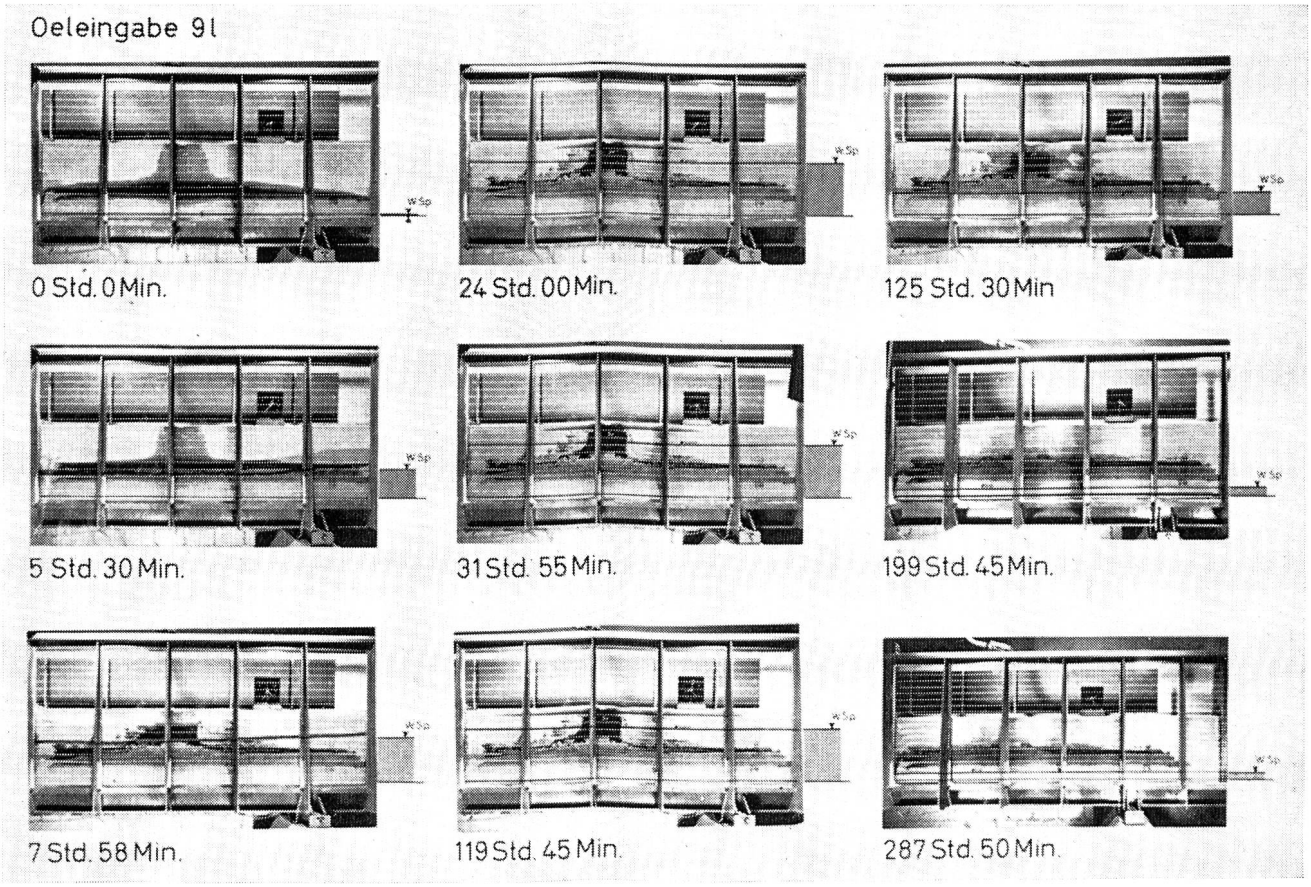


Abb. 5. Verhalten des Oels bei Bewegung des Wasserspiegels

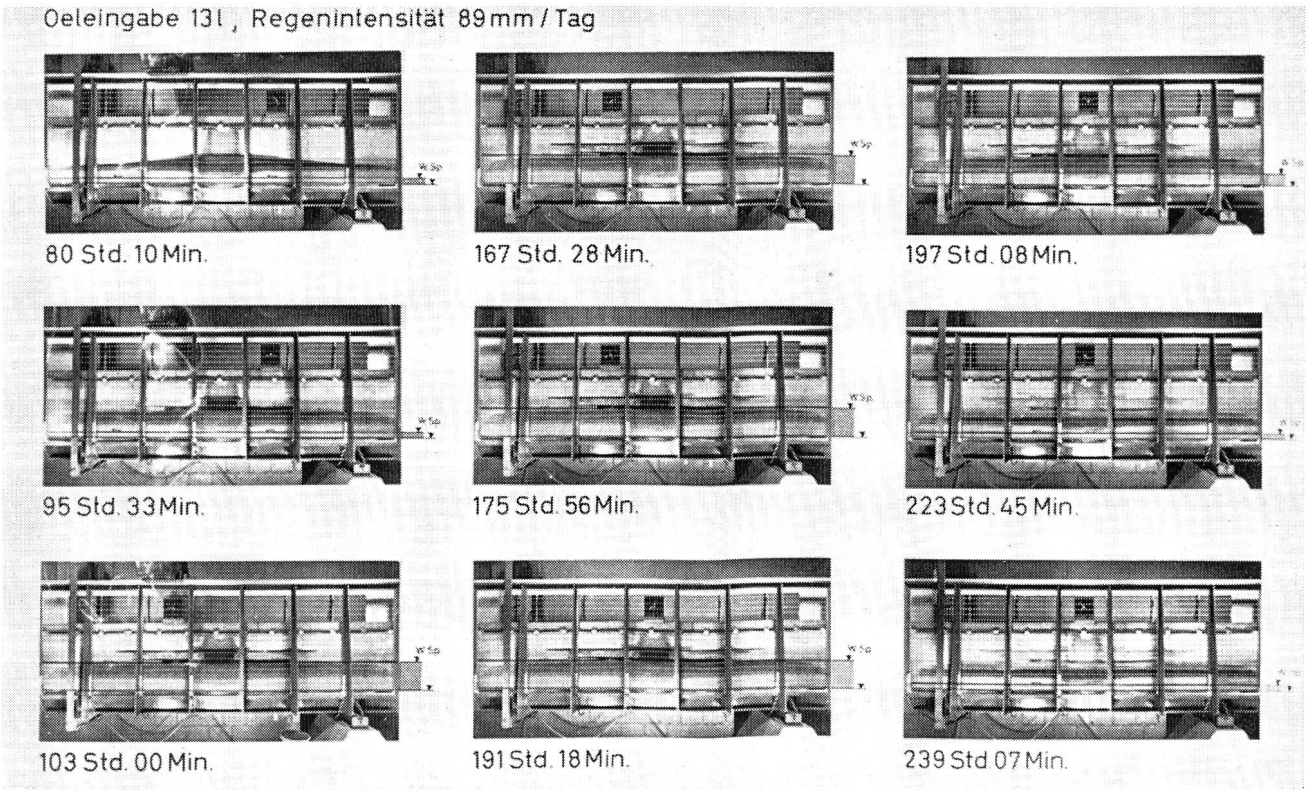


Abb. 6. Verhalten des Oels bei Bewegung des Wasserspiegels durch Beregnung

und an der Aenderung der Form des ölenthaltenden Teiles der Sandprobe erkennt man die Verdrängung des Oels durch das ansteigende Wasser. Die muldenartige Form des Wasserspiegels während seiner Hebung ist auf die Art zurückzuführen, in der diese Hebung erfolgt. Rund 24 Stunden später war die Hebung des Wasserspiegels abgeschlossen und der Wasserspiegel in seiner neuen Lage rund 32 cm höher als der Ausgangswasserspiegel ausnivelliert.
Man stellte fest, dass während der Hebung des Grundwasserspiegels das verdrängte Oel sich gegen die Infiltrationsstelle ansammelt. Das Wasser überholt zum Teil das Oel und schliesst es ein. In Bestätigung der in unserem ersten Bericht gemachten theoretischen Ueberlegungen und Beobachtungen, bleiben durch das Wasser überholte Oelmengen im Wasser eingefangen und unbeweglich. Gleichzeitig setzt eine neue Ausbreitung des Oels im Kapillarsaum oberhalb des neuen Wasserspiegels ein. Da dieser Wasserspiegel praktisch horizontal gehalten wird (keine Wasserströmung), ist eine beidseitige Ausbreitung des Oels aufgetreten. 4 Tage später bleibt die Situation mit Ausnahme der Zunahme der Oelausbreitung im Kapillarsaum praktisch unverändert. An dem Tag wird mit

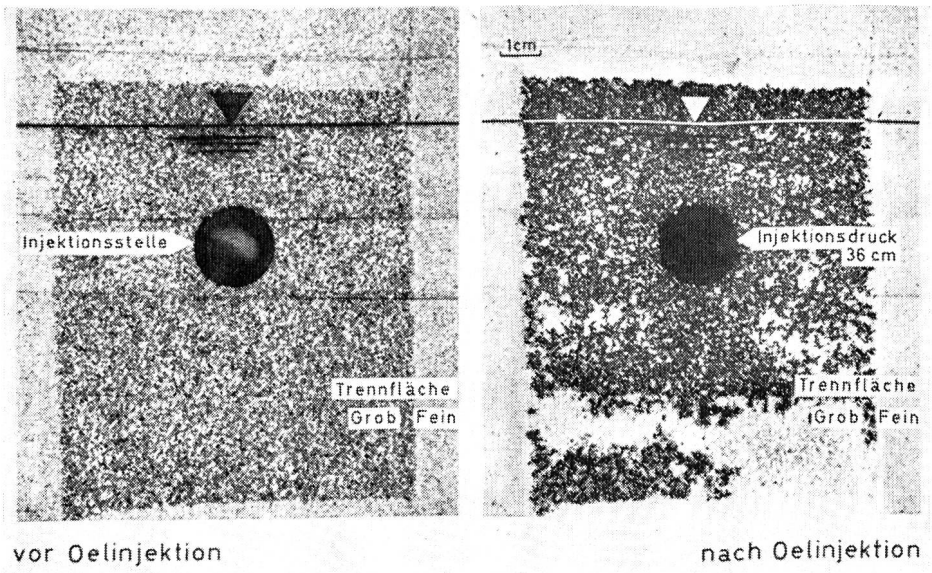


Abb. 7.
Behinderung der Oelmigration durch Kapillarkontrast

der Absenkung des Wasserspiegels begonnen, die in etwa 6 Stunden abgeschlossen ist. Das Oel folgt dem Wasserspiegel nach, und sehr bald beginnt wieder seine Ausbreitung im alten Horizont. Was zurückgeblieben ist, ist eine relativ breite verunreinigte Zone.

b) Hebung des Grundwasserspiegels durch Beregnung (Abb. 6)

Der Versuch wurde wiederholt mit der Ausnahme, dass die Wasserspiegelhebung das zweite Mal durch eine künstliche Beregnung erzeugt wurde. Die infiltrierte Oelmenge betrug dieses Mal 13 l.
Aus technischen Gründen musste man eine grosse Regenintensität von 89 mm Tag wählen (verstopfen bei kleineren Intensitäten, Schwierigkeit der Regulierung). Die Beregnung dauerte 22 Stunden und der Wasserspiegel ist in der Zeit um rund 22 cm gestiegen. Er wurde 4 Tage in der Höhe gehalten und anschliessend auf den ursprünglichen Stand abgesenkt. Das Verhalten des Oels ist prinzipiell dasselbe wie in dem vorher beschriebenen Versuch (Abb. 5).

Auf Grund dieser Versuchsreihen können folgende Folgerungen gezogen werden:

a) Durch Ansteigen des Wasserspiegels wird ein Teil des Oels nach oben verdrängt und kann sich, falls die Oelmengen gross sind, in einem neuen Horizont ausbreiten.
b) Ein grosser Teil des Oels wird durch das ansteigende Wasser eingeschlossen. Dieses Oel bleibt während der Zeit, in dem es im Wasser eingeschlossen ist, praktisch unbeweglich. Der Grund dafür, dass in Beobachtungsrohren, aus welchen das Oel abgeschöpft wird, zeitweise keine makroskopisch feststellbare Oelmengen oder nur Oelspuren festgestellt werden, ist sehr wahrscheinlich in der eben beschriebenen Erscheinung zu suchen.

c) Nach Absenkung des Wasserspiegels setzt die Bewegung des Oels wieder ein.

Wichtig ist, dass durch diese Bewegung das Oel in vertikaler Richtung an Orte transportiert werden kann, in welchen geologisch bedingte preferentielle Wege vorkommen, z. B. grobkörnige Ablagerungen.
Nun soll noch die Wirkung eines kapillaren Kontrastes kurz erläutert werden.
Unter kapillarem Kontrast versteht man eine sprunghafte Aenderung der Kapillarkräfte. Die Kapillarkräfte sind proportional zum Durchmesser der Poren. Eine sprunghafte Aenderung dieser Kräfte entsteht somit an den Grenzzonen zwischen grobkörnigen und feinen Böden. Einen grossen kapillaren Kontrast weist z. B. die Grenzfläche zwischen grobem und feinem Sand in der Abb. 7 auf. Die Kapillarkräfte sind im feinen Sand grösser als im groben. Damit Oel aus dem groben in feinen Sand hineindringen kann, muss zuerst diese Kapillarkraft überwunden werden. Wie das Experiment zeigt, genügt der relativ hohe Druck von 36 cm Wassersäule, unter dem das Oel im groben Sand injiziert wird, nicht, um den kapillaren Kontrast zu überwinden.

Solche Barrieren kann man auf zwei Arten erzeugen:

a) Durch den Bau von stark undurchlässigen Tauchwänden
b) Durch den Bau von stark durchlässigen Drainagegräben

a) Stark undurchlässige Tauchwände müssen folgenden Erfordernissen genügen
— Sie müssen eine Durchlässigkeit aufweisen, die mindestens um eine Zehnerpotenz tiefer liegt als der tiefste k-Wert des anstehenden Bodens.
— Sie dürfen keine Risse oder durchgehende Porengänge grösserer Durchmesser aufweisen.
— Sie dürfen nicht aus Materialien bestehen, die oleophil sind, d. h. die durch das Oel und nicht durch das Wasser benetzt werden.

Ist die Wand oleophil (Abb. 8), so bildet sie kein Hindernis für die Oelfortpflanzung. Die Oelausbreitung wird lediglich durch die Wand verzögert. Entlang der Wand bildet sich ein ganz dünner Oelfilm, der bis in den tiefsten Punkt der Wand hinunter reicht und auf der Unterwasserseite der Wand wieder aufsteigt. So-

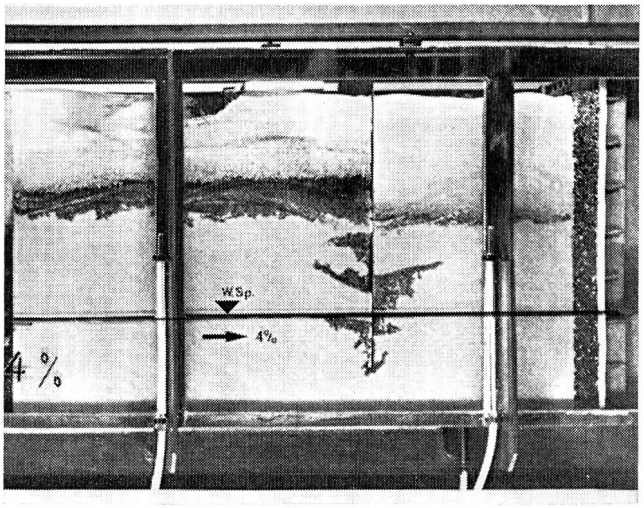


Abb. 8. Versagen einer oleophilen undurchlässigen Wand

bald dieser Film bis auf die Höhe gestiegen ist, in der die Oelausbreitung möglich ist, geht die Fortpflanzung des Oels in Fliessrichtung des Grundwassers weiter.

Bezüglich ihrer Oleophilie sind bis zur Zeit folgende Materialien untersucht worden:

a) Beton	nicht oleophil
b) Hydraton	nicht oleophil
c) Bentonit	nicht oleophil
d) Stahl	Verhalten nicht eindeutig
e) PVC	oleophil

Die Tauchwände müssen tiefer als die tiefste Grundwasserspiegellage reichen. Die Mindesttiefe einer Wand hängt von der Genauigkeit, mit der die Grenzen der Wasserspiegelschwankungen bekannt sind, und von der Bodenbeschaffenheit ab. Im Versuch, der in Abb. 9 dargestellt wird, ist das Oel nicht unter die linke Wand geflossen, die nicht im Grundwasser eintaucht. Der Grund dafür ist, dass die Wand bis unterhalb des Ausbreitungshorizontes des Oels im Kapillarsaum reicht und dass die eingebaute Sandprobe sehr homogen ist. In einem natürlichen Boden treten aber immer Inhomogenitäten auf, die das Unterwandern einer nicht im Grundwasser eintauchenden Wand in Bereichen grobkörnigen Materials ermöglichen.

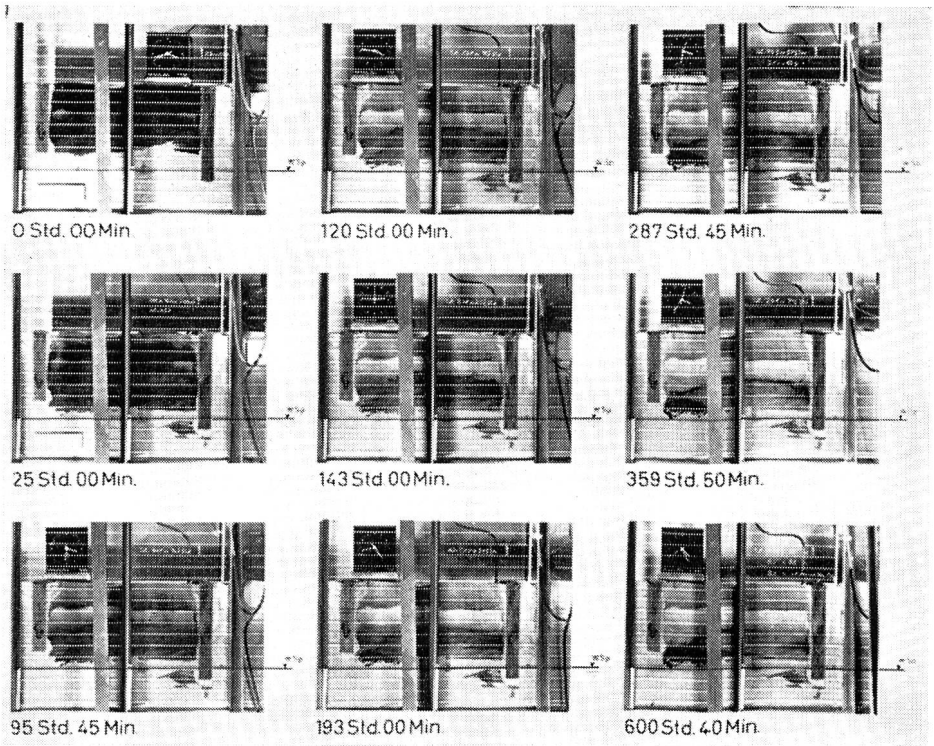


Abb. 9.
Schutz gegen Oelausbreitung durch Betonwände

Oeleingabe 11 l Gepumpt:	0,20 l in 2 Std.	5,50 l in 16½ Std.	7,70 l in 61½ Std.
	1,20 l in 2½ Std.	6,10 l in 23¼ Std.	7,90 l in 71½ Std.
	4,50 l in 10½ Std.	7,50 l in 54½ Std.	8,10 l in 93 Std.

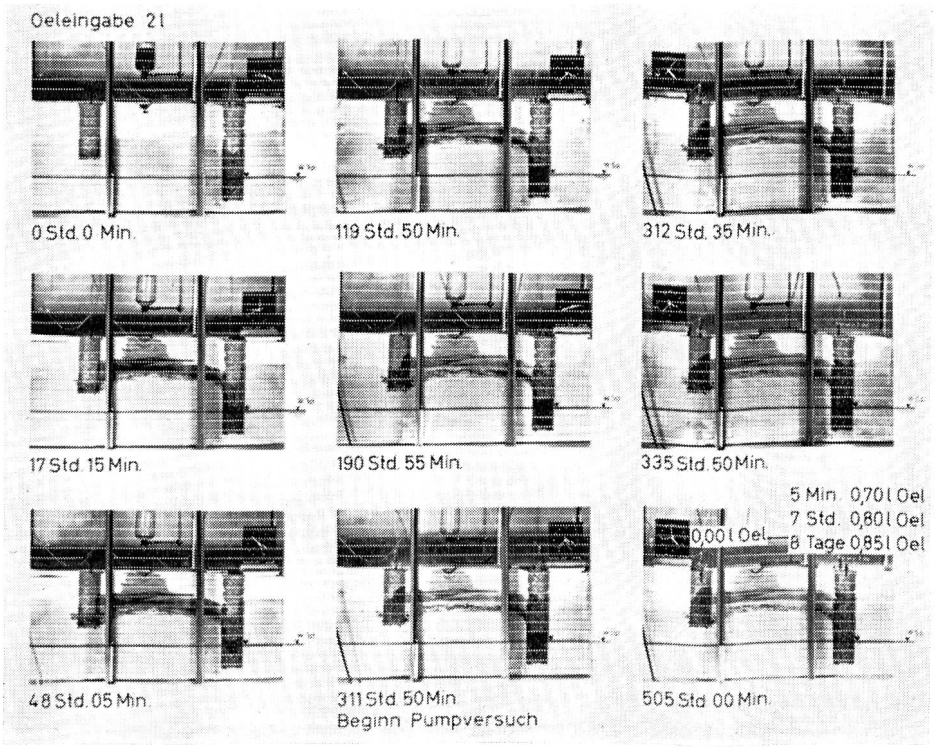


Abb. 10.
Schutz gegen Oelausbreitung durch Drainagegraben

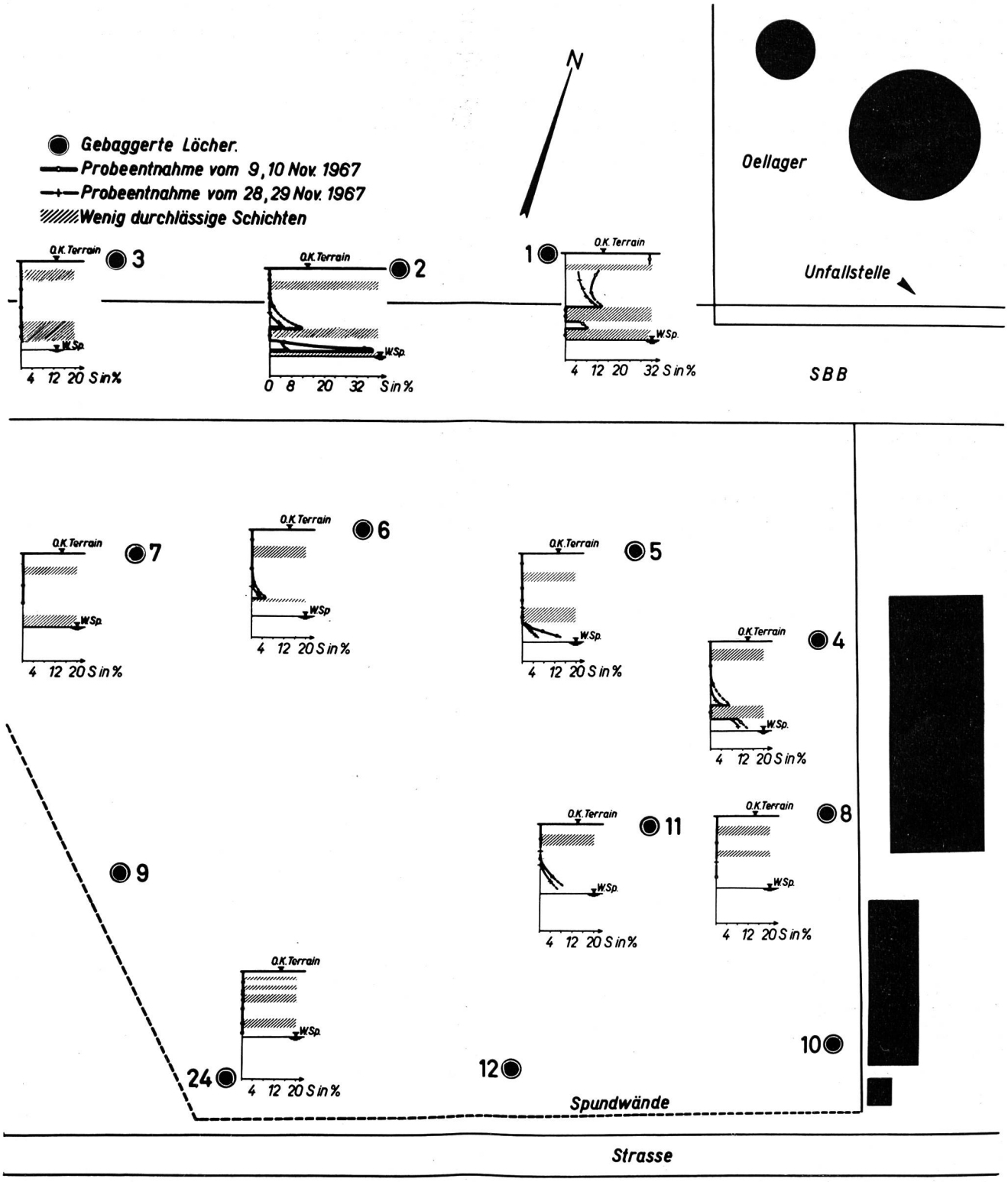


Abb. 11. Oelunfall in Sitten. Bodenprofile mit Eintragung der Oelsättigung

Tauchwände sollten immer durch eine oberwasserseitig angeordnete Reihe von Piezometerrohren ergänzt werden, deren Durchmesser so gross gewählt werden muss, dass sie durch den Einbau von Pumpen zu Brunnen umgewandelt werden können. Ein Bild über die Wirksamkeit solcher Brunnen gibt die Abb. 9. Zwischen den zwei aus Beton bestehenden Tauchwänden wurden 11 l Oel eingebracht. Durch intermittierendes Pumpen konnten davon 8,3 l zurückgewonnen werden. Die Tabelle zeigt die fast exponentielle Abnahme der pro Zeiteinheit gepumpten Oelmengen mit fortschreitender Zeit. Bei der Anordnung der Brunnen und der Tauchwände ist darauf zu achten, dass der Absenktrichter des Brunnens nicht tiefer reicht als die Unterkante der Tauchwand.

Stark undurchlässige Tauchwände sind überall dort anzuwenden, wo der Boden relativ grosse Durchlässigkeit aufweist oder/und inhomogen ist.

Ist der Boden feinkörnig, relativ homogen und nicht sehr durchlässig, so ist die Erstellung von stark durchlässigen Drainagegräben zu empfehlen. Diese Gräben wirken im Prinzip auf die gleiche Art wie die wenig durchlässigen Tauchwände. Die wenig durchlässige Barriere bildet in diesem Fall der anstehende Boden selbst. Der Graben mit hoher Durchlässigkeit erzeugt die Umgebung mit starkem kapillarem Kontrast, in der das Oel gesammelt und aufgehalten wird (Abb. 10).
Die Forderungen, die an so einen Filtergraben gestellt werden, sind:

— Die Durchlässigkeit des Filters muss mindestens um eine Zehnerpotenz höher sein als die maximale Durchlässigkeit des anstehenden Bodens.
— Das Filtermaterial muss möglichst homogen und von möglichst einheitlicher Körnung sein.
— Die Filterwand muss genügend tief unterhalb des tiefsten zu erwartenden Grundwasserspiegels reichen.

Die Tiefe und Breite der Filterwand muss so bestimmt werden, dass darin die maximal zu erwartende Oelmenge Platz hat, ohne dass ein «Ueberfliessen» über die kapillare Barriere möglich wird. Die Tiefe wird dabei um so genauer bestimmt, je genauer man die Grenzen der Schwankungen des Grundwasserspiegels kennt.
In diesen Filtergräben müssen in regelmässigen Abständen Beobachtungsrohre eingebaut werden, die gleichzeitig zum Pumpen des im Graben angesammelten Oels benutzt werden können. Wie man in Abb. 10 feststellen kann, wirkt der Graben als Drainage, in der das Oel gesammelt wird. Das Abpumpen des Oels aus dem Graben hat auf die Oelbewegung im anstehenden Boden praktisch keinen Einfluss.
Von den 2 l Oel, die eingegeben wurden, konnten 0,85 l wieder herausgepumpt werden.

Die Versuche der VAWE wurden mit sehr homogenen Proben aus Quarzsanden einheitlicher Körnung durchgeführt. Die Uebertragung der Versuchsergebnisse auf natürliche Böden, die immer eine mehr oder weniger starke Inhomogenität aufweisen, muss überprüft werden. Die VAWE ist deswegen sehr dankbar, wenn ihr bei Unfällen die Möglichkeit geboten wird, durch Probeentnahmen die in den Modellen gemachten Feststellungen zu überprüfen. Eine solche Gelegenheit ergab sich, dank der finanziellen Grosszügigkeit des Eidg. Amtes für Gewässerschutz und der Hilfsbereitschaft der zuständigen kantonalen Behörden beim Unfall Châteauneuf vom 2. November 1967 im Wallis. Am 9., 10. und 28., 29. November 1967 wurden Bodenproben zur Bestimmung des Oelgehaltes aus den ausgehobenen Kontrollgräben entnommen. Die Resultate dieser Untersuchung sind in Ab. 11 dargestellt.
In der Abbildung erkennt man oben rechts das Tanklager und am unteren Rand die erstellte Spundwand. Die Punkte geben den Ort der ausgehobenen Beobachtungslöcher an. Zu jedem Loch ist ein Bodenprofil angegeben, in dem auch die Ergebnisse der Sättigungsbestimmungen eingetragen wurden. Die Profile beruhen auf provisorischen Aufnahmen, die durch die VAWE gemacht wurden, sind aber nicht als exakt zu betrachten. Eine genauere Auswertung der Versuchsergebnisse wird durchgeführt, sobald die geologischen Erhebungen vorliegen (Abb. 11).
Trotz der grossen Inhomogenität des Bodens und der häufig auftretenden wenig durchlässigen linsenförmigen Schichten (in Abb. 11 schraffiert angegeben) bestätigen die Resultate dieser Analysen weitgehend die Ergebnisse der Modellversuche. Man erkennt aus den Kurven der Oelsättigung, die in jedem Punkt aufgetragen wurden, die pilzförmige Verteilung, die man in Abb. 4 festgestellt hat.
Im Loch 1, das innerhalb der oberflächlichen Oelausbreitung liegt, stellt man in der oberflächennahen Schicht eine Oelsättigung von rund 30 Prozent fest. Die darunter liegenden Schichten, die wesentlich kleinere Sättigungen aufweisen, stehen anscheinend nicht in Verbindung mit der oberflächennahen Schicht. Ihre Verunreinigung erfolgte sehr wahrscheinlich durch seitlich zugeflossenes Oel. Diese Feststellung bestätigt die Annahme, dass der grösste Teil des Oels entlang der westlichen Begrenzung der Oellager infiltrierte, an der die natürliche Lagerung durch den Bau einer Kanalisationsleitung gestört wurde. Die Druckhöhe im Oel in der Umgebung der Infiltrationsstelle reichte bis zur Bodenoberfläche. Dementsprechend sind auch im Loch 1 alle durchlässigen Schichten relativ stark verunreinigt. Die Abnahme der Druckhöhe mit der Entfernung von der Infiltrationsstelle entspricht der Abnahme der Höhenlage der verunreinigten Schichten bezüglich des Wasserspiegels und geht aus den Sättigungsbestimmungen klar hervor.
Unmittelbar oberhalb des Wasserspiegels stellt man im Loch 2 eine Oelsättigung von rund 34 Prozent fest. Im Loch 1 dagegen, das näher an der Infiltrationsstelle liegt, beträgt die Sättigung des tiefsten verunreinigten Punktes kaum 10 Prozent. Diese scheinbare Diskrepanz lässt sich leicht erklären, wenn man beachtet, dass im Loch 1 unmittelbar oberhalb des Wasserspiegels eine praktisch undurchlässige Schicht vorkommt. Der tiefste Punkt im Loch 1, der noch eine Verunreinigung aufweist, entspricht bei seiner Höhenlage ungefähr dem zweittiefsten Punkt im Loch 2, dessen Sättigung bei rund 8 Prozent liegt.
Die undurchlässigen Schichten erscheinen in den Sättigungskurven als Einschnitte, in welchen die Sättigung auf Null zurückgeht.
Die zeitliche Abnahme der Oelsättigung, die in diesem Fall hauptsächlich auf das Abpumpen zurückgeführt werden kann, geht aus den eingezeichneten Kurven der zweiten Probeentnahme hervor. Die Wirksamkeit des Pumpbetriebes erkennt man an der geringen Zunahme der Ausbreitung der Verunreinigung. Am augenfälligsten ist diese Zunahme im Profil 1 — 2 — 3. Im Loch 3 konnte man bei den ersten Probeentnahmen vom 9. und 10. Novemer keine Verunreinigung feststellen. 20 Tage später, bei der Probeentnahme vom 28. und 29. November 1967, dagegen trat auch in diesem Loch eine eindeutige Verunreinigung auf.

Die Untersuchungen werden nun in dem Sinn weitergeführt und ihre Auswertung vervollständigt.