

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

---



PHYSIKALISCH-CHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN  
ÜBER DIE URSACHEN DER IRREVERSIBELN  
EINTROCKNUNG VON MOORBÖDEN UND  
MÖGLICHKEITEN ZUR VERBESSERUNG

1962

H. VAN DIJK

Physikalisch-chemische Untersuchungen über die Ursachen der  
irreversibelen Eintrocknung von Moorböden und Möglichkeiten  
zur Verbesserung\*

H. van Dijk

(Institut für Bodenfruchtbarkeit, van Hallstr. 3, Groningen)

Die Entwässerung von Moorböden hat bekanntlich im Allgemeinen einen starken Schrumpf zufolge, der in hohem Masse irreversibel ist. Wenn dieser Prozess zu weit geht, dann funktioniert der Boden nicht mehr zureichend als Wasserspeicher für die Pflanzendecke. Dieses Phänomen ist in trocknen Sommern in dem etwa 60.000 Ha grossen Moorgebiet im Westen von Holland deutlich zu beobachten.

Es betrifft hier nicht nur reine Moorprofile von grösserer Mächtigkeit, sondern auch von einer moorhaltigen Tonschicht überlagerte Moore und (oft pyrithaltige und saure) Tonböden die von einer Moorschicht geringerer Mächtigkeit überlagert sind. Überwiegend sind es Sphagnum-, Carex- und Wald-Moorböden mit einem pH in Wasser zwischen 4 und 6, die als Grünland verwendet werden. Die Ertragsfähigkeit ist, bei entsprechender Behandlung, ausgezeichnet. Die tonhaltigen Moorböden bzw. moorhaltigen Tonböden erhalten bei der Eintrocknung oft eine rissige, schuttartige Struktur, die das Regenwasser schnell durchlässt. Die Bewurzelung des Grasses wird dann filzartig.

\* Vortrag gehalten anlässlich des 8. Internationalen Kongresses für Universelle Moorforschung in Bremen, Oktober 1962. In diesem Vortrag wurde eine Zusammenfassung gegeben von dem physikalisch-chemischen Teil der Untersuchungen über irreversibel eintrocknende Moorböden im Westen der Niederlande. Über diese Untersuchungen die von S.B. Hooghoudt, D. van der Woerd, J. Bennema und H. van Dijk durchgeführt wurden ist bereits ausführlich berichtet worden in einem 308 Seiten umfassenden Bericht (Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, No. 66.23 (1960), Holländisch, Zusammenfassung und Unterschriften bei Tabellen und Figuren auch in Englischer Sprache).

Nur die zum vorliegenden Referat gehörenden Figuren 1 und 2 sind hier gegeben. Die weiteren Tabellen und Figuren sind unter den angegebenen Nummern und Seiten im obenerwähnten Bericht zu finden.

Figur 9, Seite 220 zeigt den Ertragsverlauf bei Gras von April bis November in 4 Jahren bei verschiedenem Grabenwasserstand. Durchschnittlich geht der Ertrag bei zu starker Eintrocknung um etwa 20% zurück. Die Produktion im Frühling ist dann normal oder sogar besser, in trocknen Sommern hört das Wachstum aber fast völlig auf. Dies war die Veranlassung zu eingehenden Untersuchungen die in Zusammenarbeit mit anderen Instituten in Holland von 1947 bis 1955 durchgeführt wurden.

Zuerst wurde eine Labormethode entwickelt zur Bestimmung des Grades der irreversibelen Eintrocknung.

Dieser Grad wurde als folgt definiert:

$$\text{Ii-Grad} = \frac{10(R_{\max} - R_t)}{R_{\max} - R_{\min}}$$

wobei

$R_t$  = die Menge des Wassers, die ein Boden zu halten vermag wenn eine, sich in einem Filtertiegel befindliche, 1,5 Gramm Trockensubstanz entsprechende Menge des feldfeuchten Bodens nach Wassersättigung und sechstägigem Stehen in Wasser, zentrifugiert wird, wobei die Zentrifugalkraft-Beschleunigung am Boden des Tiegels 1000 g entspricht. (Theoretisch stimmt  $R_t$  also überein mit dem Wassergehalt bei  $pF = 3$ ).

$R_{\max}$  = die analoge Wassermenge bei einem Boden der noch nie einer Eintrocknung ausgesetzt war (dem Niveau des Grundwasserspiegels oder grösseren Tiefen entnommen).

$R_{\min}$  = wiederum die in derselben Weise bestimmte Wassermenge, nun aber bei einem Boden der im Filtertiegel erst bei 105°C getrocknet (wonach eventuell etwas zerrieben) und dann mit Wasser gesättigt wurde\*\*.

( $R_t$ ,  $R_{\max}$  und  $R_{\min}$  werden in Gramme pro 100 Gramm Trockensubstanz ausgedrückt).

---

\*\* Durch Ausführung dieser  $R_{\min}$ -Bestimmung mit einem nicht-Quellungsmittel für Torf, wie Tetrachlorkohlenstoff statt mit Wasser, konnte ein Eindruck erhalten werden von der Menge des, von einem trocknen Boden, nicht-kapillar aufgenommenen Wassers. Es erwies sich, dass in 6 Tagen pro Gramm organischer Substanz etwa 1 g Wasser nicht-kapillar aufgenommen wurde (Figur 17, Seite 67).

Diese Bestimmung wurde an mehreren Tausenden von Bodenproben durchgeführt. Figur 1 zeigt den gefundenen Zusammenhang zwischen  $R_{\max}$  bzw.  $R_{\min}$  und dem Gehalt an organischer Substanz. Die Streuung beruht zum Teil auf Unterschiede in der Torfart. Weiter gibt Figur 1 ein Rechenbeispiel für den Ii-Grad bei einem Boden mit 40% organischer Substanz und einem  $R_t$ -Wert von 115.

Der Ii-Grad zeigte einen guten Zusammenhang mit der Entwässerungstiefe (Figur 2). Zu stark eingetrocknete Moorböden findet man hier i.A. bei einem Stande des Grabenwassers ab etwa 60 cm unter der Bodenoberfläche. Der Ii-Grad von kulturfähigen Böden ist etwa 5-6, zu stark eingetrocknete Böden haben einen Ii-Grad von 7-10, zu nasse einen kleiner als 4.

Die Untersuchungen zeigten, dass die geringe Wasserbindung von ausgetrockneten Moorböden nicht, wie wohl behauptet wird, an Harze, Wachse, Fette, Eisenhumate, Luftadsorption oder im Allgemeinen an eine zu grosse Grenzflächen-spannung zwischen Boden und Wasser zugeschrieben werden darf (obwohl die Aufnahmegeschwindigkeit hierdurch beeinflusst werden kann). Weder Extraktion von den erstgenannten Verbindungen (Tabellen 9 und 10, Teil I), oder von Eisenionen (Tabelle 13, Seite 271), noch Entlüftung im Hochvakuum bzw. trocknen und wiedersättigen im Vakuum (Tabellen 3 und 4, Teil I) oder Zufügung von Benetzungsmitteln (Tabelle 6, Seite 265) konnte nämlich die Irreversibilität der Eintrocknung aufheben bzw. verhindern. Andererseits erwies sich das Abpressen von Wasser gleichermaßen ein irreversibeler Wasserentzug zu sein (Tabelle 19, Teil I), während das Feinmahlen eines trocknen Bodens in der Kugelmühle einen Anstieg in der Wasserhaltefähigkeit ergab (Figur 11, Seite 39).

Die eigentliche Ursache der Irreversibilität ist das Auftreten von Bindungen (Verkittungen) in und zwischen den organischen Teilchen während des Schrumpfens. Diese Bindungen lassen sich in reinem Wasser schlecht lösen, d.h. die Quellung des trocknen Bodens wird verhindert. Aus Versuchen mit Böden wobei durch Umtausch verschiedene Kationen-

belegungen angebracht waren, ging hervor dass diese Verkittung nicht dehydratisierten Kationenbrücken zwischen den Säuregruppen zuzuschreiben ist. Es müssen hierfür Sekundärbindungen (vermutlich Wasserstoffbrücken) verantwortlich gestellt werden.

Beim Eintrocknen tritt auch eine Verringerung der Austauschkapazität und der Menge an austauschbaren Basen auf. Bei einem von etwa 20 auf 90% steigenden Gehalt an organischer Substanz nimmt diese Verringerung von 0 bis etwa 50% zu (Tabelle 39, Seite 287 und Figur 18, Seite 68). Diese Erscheinung muss erklärt werden aus einem Unzugänglich-werden der Säuregruppen bzw. Einschluss der Kationen infolge des starken Schrumpfes.

Jede Massnahme die den Schrumpf, begleitet durch das Zusammenbacken der organischen Teilchen, herabsetzt oder verhindert, erhöht die Reversibilität des Wasserentzuges. Wenn z.B. das Wasser im nichteingetrockneten Torf durch ein nicht-Quellungsmittel für Torf wie Benzol oder Tetrachlorkohlenstoff (via Alkohol oder Azeton) ersetzt wird, tritt beim Eintrocknen nur ein geringer Schrumpf auf (Tabelle 38, Teil I).

Für die Praxis ist es interessanter, dass der Schrumpf auch stark herabgesetzt wird wenn der Moorboden vor dem Eintrocknen durchfriert. Der Frost bewirkt dabei eine Strukturverbesserung die sich, bei einem Anstieg des Gehalts an organischer Substanz von etwa 30 auf 80%, äusert in eine Erniedrigung des  $R_{\max}$ -Wertes mit etwa 20 bis 40% vom Ausgangswert und eine Erhöhung des  $R_{\min}$ -Wertes mit etwa 0 bis 60% vom Ausgangswert (Figur 14 und 15, Tabellen 33, 34 und 34a, Teil I). Im gleichen Sinne, aber noch viel stärker ausgeprägt, geht die Strukturverbesserung infolgedes Frostes hervor aus einer viel höheren und zugleich schnelleren Wasseraufnahme des trocknen Torfes bei niedrigeren pF-Werte (Tabelle 35, Teil I und Figur 16, Seite 50).

Weiter kann die Irreversibilität zum Teil aufgehoben werden durch das Anbringen von einem nicht oder wenig schrumpfenden Skelet, indem man den grubenfrischen Torf etwa im Volumenverhältnis 1:1 intensiv mischt mit Sand oder

Ton (Figur 13, Seite 45). Der Gehalt an organischer Substanz in der Mischung ist dann auch meistens geringer als 10 Gew. % der Trockenmasse.

Einmal ausgetrockneten Torf kann man, wie bekannt, wieder quellen lassen (peptisieren) durch eine Behandlung mit verdünntem Alkali oder Ammonia. Die dazu benötigten Mengen Base sind aber für Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis viel zu hoch. Deshalb viel wichtiger war für die Praxis die Feststellung, dass die Eintrocknung nicht wirklich völlig irreversibel ist. Bei langwährendem Kontakt mit Wasser (im Winter) tritt eine sehr langsame Quellung auf und damit eine Wiedergewinnung der Ertragsfähigkeit. Der Ii-Grad variiert denn auch mit der Jahreszeit (Tabelle 1, Teil I). Bei zu stark eingetrockneten Moorböden ist eine Bewässerung z.B. mittels eines Dränröhrensystems oft erforderlich. Der Grundwasserstand soll dabei von Ende April bis Ende August bis auf 20-30 cm unter der Oberfläche erhöht werden. Es sei erwähnt dass die Durchlässigkeit dieser eingetrockneten Böden in den oberen 50 bis 60 cm im Allgemeinen gut bis sehr gut ist, aber dass die Grabenwand sich oft undurchlässig zeigte.

Zur Vorbeugung einer zu starken Austrocknung soll der Grabenwasserstand in Holland in den Monaten Mai bis September auf etwa 30 cm unter der Oberfläche gehalten werden. Im Winter kann er aber auf etwa 50 cm heruntergebracht werden.

Diese Untersuchungen bestätigen also noch Mal was schon öfters benachdruckt wurde, dass man bei Moorböden zu jeder Zeit den Wasserstand beherrschen muss.

Fig. 1 Der Zusammenhang zwischen  $R_{\max}$  bzw.  $R_{\min}$  und dem Gehalt an organischer Substanz.

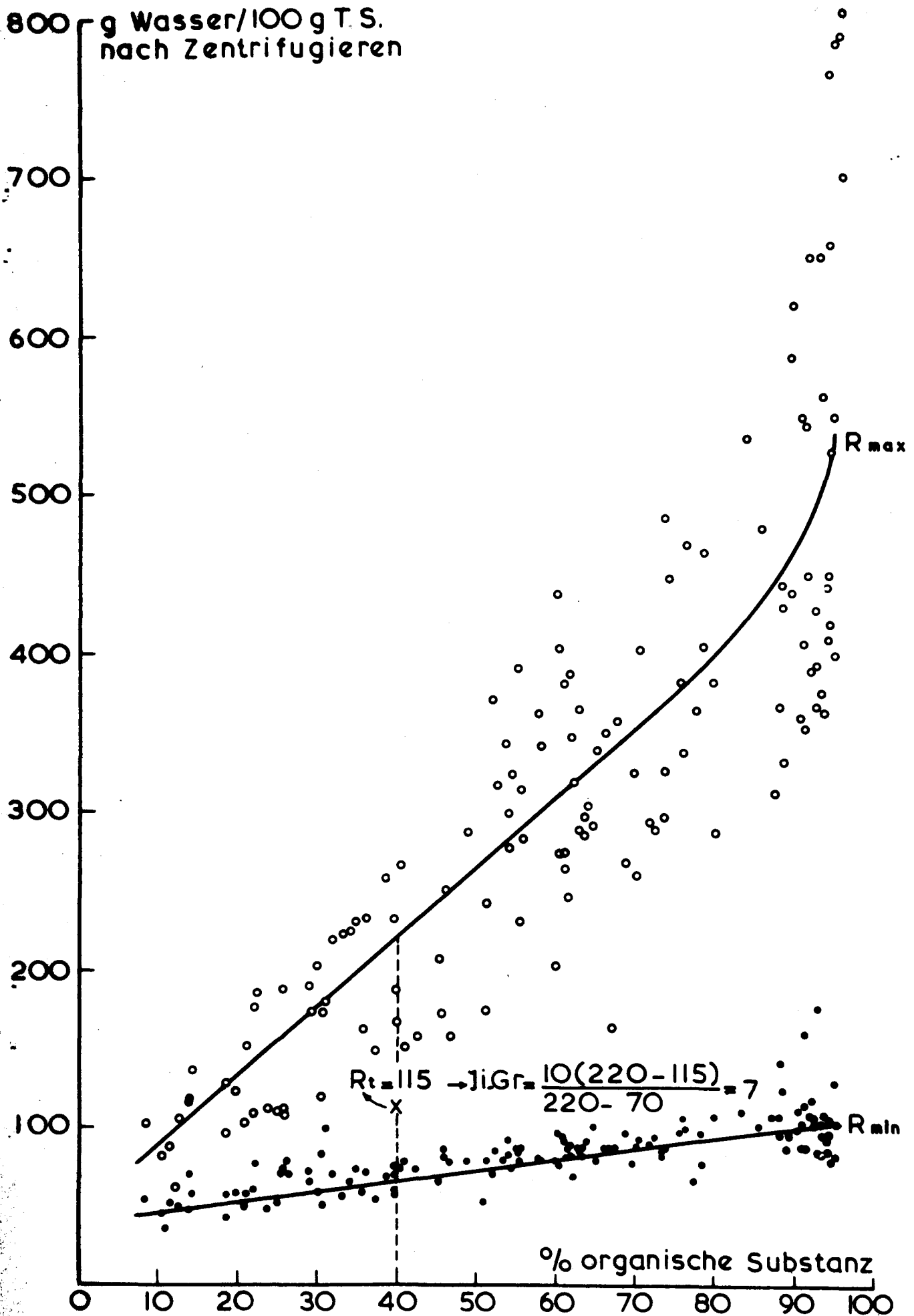


Fig. 2 Die Abhängigkeit des  $J_i$ -Grades der oberen Schicht vom mittleren Grabenwasserstand in  $J_i$ -Grad<sub>cm</sub> unter der Bodenoberfläche

