

33
XXV

**Schriften des
Naturwissenschaftlichen Vereins
für Schleswig-Holstein**

Band XXV

Karl-Gripp-Festschrift

**Im Auftrage des Vereins herausgegeben
von R. Weyl,
E. W. Guenther und G. P. R. Martin**

H. Tischer

24. VII. 51

Kiel 1951

Verlag Lipsius & Tischer

INSTITUT FÜR UR- UND FRÜHGESCHICHTE
AM DER UNIVERSITÄT KIEL

8024/49

Beitrag zur Frage der Entsalzung neueingedeichter Wattsedimente

Von Jens IWERSEN, Husum.

Neben dem primären Problem der „Deichreife“ spielt nach der Eindeichung normal aufgewachsener begrünter Vorländereien einschließlich niedrig gelegener nackter oder mit bestimmten Salzpflanzen bestandener „Watten“ sekundär die Frage der Entsalzung eine wichtige Rolle. Diese Frage wird besonders in den ersten Jahren nach Abriegelung von der Salzflut sowohl für die Bodenbildung als auch für die Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen entscheidend. Hierbei treten im Rahmen des Gesamtkomplexes besonders die folgenden drei Teilprobleme in den Vordergrund:

- 1) In welchem Zeitraum geht die Entsalzung nach der Eindeichung bis zum gefahrlosen Anbau landwirtschaftlicher Nutzpflanzen vor sich?
 - 2) Bei welcher Salzkonzentration des Bodenwassers liegt die Grenze der Salzduldsamkeit der einzelnen Kulturpflanzen?
 - 3) Durch welche Maßnahmen kann der Entsalzungsvorgang beschleunigt werden?
- Als im Jahre 1935 die südwestlich Husum belegene Finkhaus- und Padelack-Hallig sowie das Vorland des Simonsberger Kooges zusammen mit den dazwischen liegenden „blanken“ bzw. mit Salzpflanzen besiedelten Watten mit einer Gesamtfläche von 450 ha (wovon 150 ha Watten) eingedeicht wurden, ergab sich die Möglichkeit, auf den in ihrem Sedimentaufbau verschiedenen Teilgebieten der Watten dem Salzproblem nachzugehen; allerdings erst reichlich ein Jahr nach Abriegelung von dem salzhaltigen Meereswasser, aber immerhin noch ausreichend, um wichtige Erkenntnisse zu den oben herausgestellten wichtigen Teilfragen im Ablauf des Vorgangs der Entsalzung zu gewinnen.

Während der Jahre 1936—1940 ist durch umfangreiche Versuche und Untersuchungen in den verschiedenen Wattgebieten des Finkhaushalligkooges ein tieferer Einblick in bestimmte Gesetzmäßigkeiten und Eigenarten des Entsalzungsvorganges gewonnen worden, die für zukünftige Wattedeichungen von beachtlicher Bedeutung sind.

Im zeilenmäßig eng begrenzten Rahmen dieses kurzen Beitrages muß ich mich aber darauf beschränken, aus der großen Fülle vorliegender Ergebnisse zwei eindrucksvolle Versuchs- und Untersuchungsreihen zu der Versuchspflanze Raps herauszustellen, um an diesen die wertvollsten Erkenntnisse der Entsalzung von Wattsedimenten aufzuzeigen.

Versuchsreihe I:

Raps auf sandigem Tonwatt.

Die Körnung der Sedimente verteilt sich in diesem Watt im Mittel zu 28% die Ton-, 30% Schluff-, 34% Mehl- und 8% Feinsandfraktion. Das Sediment nach erfolgter Bodenbildung also als „stark mehlsand- und schluffhaltiger Tonboden“ = „schwerer Acker oder Grünland“ anzusprechen. An organischer Substanz sind im Mittel 1,5—2% gegenüber 4% in einem normalen Ackerboden festgestellt, so daß dieser wertvolle Träger der Bodenfruchtbarkeit im Minimum liegt. Bei einem Gehalt von $M \cdot CO_2$ (auswechselbare Basen) von 7—8 und einer pH-Zahl mit 7—8 läßt sich ein neutraler bis alkalischer Reaktionszustand mit Sicherheit folgern. Der Kaligehalt mit 25—40 mg in 100 Gran trockenem Boden ist für Halm-, Hack- und Ölfrüchte ausreichend, während sich 1 Phosphorsäure mit einer Testzahl $P_2O_5 = 1—2,5$ ein ausgesprochener Mangel zeigt.

Bei Beginn der Untersuchungen — im Juni 1936 — war das Watt „blank“ oder wechselnd stark mit Queller und Meerstrandgänsefuß besiedelt. Infolge einer längeren Trockenperiode im Herbst 1935 waren große und tiefe Risse entstanden, die, mit einer dichten und tiefen natürlichen Dränung vergleichbar, ohne Zweifel die Entsalzung der oberen Sedimentschichten beschleunigt haben. Die Begrüpfung erfolgte — auf 10 m Abstand — im Herbst/Winter 1935/36 und auf den dränierten Versuchsteilstücken die Dränung am 27. Juni in einer Tiefenlage (Brechpunkt) bis 90 (Ausmündung) cm bei 10 m Dränabstand. — Gedrillt wurde auf 25 cm Reihenweite bei 8 kg/ha Saatmenge und einer Tiefe von 1—2 cm in der Zeit vom 10.—13. Juli 1936, also 1 3/2 Monate nach Abriegelung der Salzflut, geerntet (als erste Ernte) vom 5.—7. Juli 1937, also reichlich 2 Jahre nach der Eindeichung. Der Raps lief in der Zeit vom 17. bis 20. Juli durchweg gut auf und bedeckte Ende August seinen Standort. Eine am 16. September — also rund 2 Monate nach dem Auflaufen — vorgenommene Messung an ober- und unterirdischen Pflanzenteilen ergab (je nach den gegebenen Versuchs Umständen) eine durchschnittliche Länge der Pflanzen über der Erde von $\varnothing 16—21$, der Wurzeln von $\varnothing 15—21$ und einen mittleren Durchmesser des Wurzelnetzes von 15—34 cm. Mitte April zeigte ein Vergleich der nebeneinander liegenden dränierten und undrännierten Teilstücke eine sichtlich eindeutig positive Wirkung der Drainage: dräniert = trockene Standortoberfläche von heller Farbe, benachbarte Grüppel ausgetrocknet und ohne Wasser; undränniert = nasse Oberfläche von dunkler Farbe, benachbarte Grüppel voll Wasser. Ende Mai 1937 lag die Länge der Rapspflanzen bei $\varnothing 115—120$, der Durchmesser der Blattröhre bei $\varnothing 25$ cm; das Wurzelnetz war durchweg besonders kräftig und gesund; Wurzel-tiefgang und Durchmesser des Wurzelnetzes spielten um 20 cm.

Die Erträge der Versuchsreihe sowie die Bewegung der Salzkonzentrationen und die Verteilung der Niederschläge sind ersichtlich in der nachstehenden Zahlenübersicht 1.

Die einzelnen Versuchsmaßnahmen sind in der nachstehenden Übersicht nicht mit aufgeführt, da der Rahmen dieses Aufsatzes eine Beschränkung auf die Salzkonzentration in ihren absoluten Zahlenwerten und in ihren Beziehungen zu Niederschlagsverteilung und zum Samenertrag der Versuchsfrucht bedingt.

Von besonderer Bedeutung ist vorweg die Feststellung, daß im Durchschnitt ein Rapsamertrag von rd. 20 dz/ha (gleich dem Mittel des Reichsdurchschnitts ertrages!) geerntet wurde von einem Wattgebiet, das 40 cm unter MThw liegt

und vor der erstmaligen Nutzung durchweg „blankes“ Watt ohne nennenswerten Bestand an Salzpflanzen aufzeigte. Dabei war dieses Watt verhältnismäßig humusarm. Die Ansaat der Versuchsfrucht erfolgte 13 $\frac{1}{2}$ Monate und die Ernte reichlich 25 Monate nach Abriegelung der Salzflut. Daraus ist abzuleiten:

Auf dem schluff- und mehlsandhaltigen Tonwatt war die Entsalzung nach einem Jahr soweit vorgeschritten, daß der Rapssamen in ausreichendem Maße keimen und im Laufe des zweiten Jahres eine Samenernte entwickeln konnte, die an den Reichsdurchschnitt heranreicht.

Die Salzkonzentration (= C)¹⁾ wurde während der Wachstumszeit der Versuchsfrucht zweimal untersucht: 4 Wochen nach der Saat (4. VIII. 36) und um die Winter-Frühjahrswende (24. III. 37); das erste Mal also zu einem Zeitpunkt, bis zu dem sich die sommerliche Verdunstungsstärke voll auswirken konnte und zum zweiten Mal nach einer reichlichen Niederschlagsperiode des Herbstes/Winters vor Beginn des Umschwunges zum Übergewicht der Verdunstungs- über die Niederschlagsmenge.

Eine kurze Betrachtung der C-Werte in den einzelnen Wattschichten für sich sowie in Bezug auf den Zeitpunkt des Deichschlusses und den zwischen Abriegelung und Untersuchung gefallenem Niederschlagsmengen ergibt nachstehende interessante Tatsachen:

1) In der oberen Wattschicht von 0—7 cm kann am Tage des Deichschlusses, also am 25. V. 35, mit \varnothing 23 g/l Salzkonzentration im Sedimentwasser gerechnet werden. In der Zeit vom 25. V. 36 (Deichschluß) bis 4. VIII. 37 (1. Aussaat), also in 436 Tagen fielen 1109,7 mm Niederschlag und die Salzkonzentration fiel von 23 auf 1,68—15,67 = \varnothing 6,33 g/l; das ist \varnothing um 16,67 g = 72,5% der Anfangskonzentration des Salzwatts. Je 100 mm haben demnach die Salzkonzentration um rd. 1,5 g/l gemindert. Dabei ist zu beachten, daß in diesem Zeitraum zwei Perioden liegen, in denen die Verdunstungsstärke die Niederschlagsmenge überwog und nur eine, in der die Niederschläge höher waren. Ein Teil der Herbst/Winterniederschläge 1936/37 ist auch für die Rückentwicklung des kapillaren Salzaufstiegs im Sommer 1936 verbraucht worden. Anfang August 1936 (also zur Zeit der Probenahme) lag eine längere Periode des Übergewichts der Verdunstungsstärke vor.

Am 24. März 1937, also nach einer Periode geringer Verdunstung und fast restloser Entsalzungswirkung der Niederschläge, waren die C-Werte weiterhin sehr stark gefallen. Sie schwankten jetzt von 0,22—1,62 und lagen \varnothing bei 0,524 g/l. Das Salzgefälle von \varnothing 6,330 auf \varnothing 0,524, also um \varnothing 5,806 g/l in 232 Tagen mit 630,5 mm Niederschlägen, bedeutet auf 100 mm Niederschlag ein Absinken der C-Werte um 0,929 g/l. Das sind 0,581 g/l weniger als in der vorangegangenen längeren Niederschlagsperiode, obwohl die Niederschläge des letzten Zeitabschnittes (von August bis März) für die Entsalzung fast voll wirksam werden konnten.

Es kann angenommen werden, daß die Minderung der Salzkonzentration bei gleicher Niederschlagsmenge in der gleichen Jahreszeit verhältnismäßig umso geringer wird, je weniger Salz noch im Sedimentwasser vorhanden ist.

¹⁾ Dr. Zuur hat in seiner grundlegenden Arbeit über die Entsalzung des Wieringermeerbodens der Zuidersee den Begriff der Salzkonzentration = "C" geprägt.

Zahlenübersicht 1.
 Versuchsreihe „Raps auf Tonwatt“.
 Ernteerträge — Salzkonzentration — Niederschlagsverteilung.

Nr. des Akkers	Ertrag			Salzkonzentration (C)								Menge und Verteilung der Niederschläge		Bemerkungen	
	in Samen	im Verhältnis zum Durchschnitt		in g/l in Tiefen von cm								Monat	mm		
		± absolut dz/ha	± in %	0 — 7 am	8 — 15 am	16 — 30 am	31 — 50 am	4. 8. 36	24. 3. 37	4. 8. 36	27. 3. 37				4. 8. 36
1	13,26	— 6,73	— 33,67	5,98	0,60	14,80	1,28	21,82	6,02	24,66	18,60	1935			
2	16,53	— 3,46	— 17,31	8,99	0,55	19,46	0,51	24,43	4,02	27,43	13,22	25. — 31. 5.	0,0		
3	18,39	— 1,60	— 8,00	4,14	0,40	7,35	0,63	13,67	2,28	20,13	14,85	Juni	70,9		
4	18,00	— 1,99	— 9,95	2,87	0,47	6,86	1,39	13,27	5,87	21,40	17,38	Juli	47,8		
5	19,52	— 0,47	— 2,35	3,20	0,53	5,46	1,42	10,33	3,49	24,94	11,40	August	65,0		
6	17,84	— 2,15	— 10,76	2,74	0,94	5,89	0,62	10,84	0,55	21,27	13,65	September	127,5	Die am 1. 8. 1936	
7	18,20	— 1,77	— 8,85	5,20	0,57	9,67	0,31	15,39	2,43	22,88	10,38	Oktober	109,0	entnommenen	
8	21,44	+ 1,45	+ 7,25	2,69	0,51	13,01	0,47	21,70	17,70	27,00	13,86	November	56,3	Dränwasserproben	
9	23,04	+ 3,05	+ 15,26	1,88	0,33	6,13	0,36	14,39	3,39	22,72	16,62	Dezember	74,3	von gedränten	
10	21,83	+ 1,84	+ 9,20	5,22	0,34	12,64	0,75	23,02	4,02	26,10	13,00	25. 5. — 31. 12.	550,8	Versuchssäckern	
11	24,33	+ 4,34	+ 21,71	6,74	0,29	22,80	0,25	22,62	0,69	22,93	10,40	1936		zeigen alle eine	
12	15,82	— 4,17	— 20,86	1,68	0,22	19,70	0,47	6,04	1,59	19,54	15,83	Januar	95,9	Salzkonzentration	
13	11,00	— 8,99	— 44,97	15,67	1,62	19,04	0,33	23,75	8,17	28,00	17,60	Februar	66,6	von über 24 g/l	
14	19,54	— 0,45	— 2,25	9,75	0,53	11,56	0,26	19,57	1,34	27,01	7,36	März	10,4	(24,18—28,10)	
15	21,43	+ 1,44	+ 7,18	14,73	0,47	21,67	0,56	15,36	1,76	23,60	11,68	April	121,3		
16	17,86	— 2,13	— 10,66	5,05	0,70	8,12	0,89	20,02	1,39	28,78	5,71	Mai	63,8		
17	24,68	+ 4,87	+ 24,36	9,40	0,31	12,30	0,29	17,90	1,51	28,62	10,52	Juni	27,9		
18	26,63	+ 6,64	+ 33,27	12,27	0,82	23,72	1,08	26,92	2,93	28,32	8,80	1. 1. — 30. 6.		noch	
19	29,63	+ 9,64	+ 48,23	2,14	0,68	4,05	0,89	13,43	0,52	22,81	11,25	1936	385,9	Niederschläge:	
20	—	—	—	—	0,60	—	0,78	—	0,70	—	2,11	25. 5. — 30. 6.		Monat	
												1936	936,7	mm	
												Juli 1936	156,4	1937	
												1. — 4. 8. 36	16,6	Januar	74,1
												zus.	173,0	Februar	116,7
												25. 5. 35 bis		1. — 24. 3.	71,5
												4. 8. 36	1109,7	1. 1. — 24. 3.	262,3
												4. — 21. 8. 36	39,9	4. 8. 36 bis	
												September	95,9	24. 3. 37	630,5
												Oktober	101,1	25. — 31. 3.	5,0
												November	75,6	April	61,6
												Dezember	55,7	Mai	84,5
												4. 8. — 31. 12.		Juni	77,7
												1936	368,2	Juli	98,4
												1936 insges.	927,1	August	51,4
														25. 3. — 31. 8.	378,6

Für die obere Wattschicht von 0—7 cm auf Tonboden steht für die grundliegende Untersuchungsreihe fest, daß in 668 Tagen, also nicht voll zwei Jahren, mit 1740,2 mm Niederschlag ein Salzgefälle von 23 auf 0,5 g, also um 22,5 g/l = rd. 98 v. H., der ursprünglichen Salzkonzentration, d. i. \bar{C} je 100 mm Niederschlag um 1,235 g = 5,37% zu verzeichnen war.

- 2) In der Wattschicht von 8—15 cm Tiefe war das Salzbild am 4. VIII. mit \bar{C} 11,92 g/l (Schwankungsbreite von 1,97—23,72 g) wesentlich ungünstiger und \bar{C} 5,59 g/l höher als in der darüberliegenden Schicht. Die gefallenen 1109,7 mm Niederschlag haben insgesamt nur \bar{C} 11,08 g/l und auf 100 mm Niederschlag nur 1 g/l Salzgefälle hervorgerufen. Am 24. III. 37 war auch diese Sedimentschicht sehr stark entsalzen und (auf den letzten Niederschlagszeitraum gesehen) verhältnismäßig in viel stärkerem Maße als in der überliegenden Schicht. Bei einer geringen Schwankungsbreite von 0,25—1 = \bar{C} 0,677 g/l war die Konzentration jetzt nur noch 0,153 g/l höher.

Die Niederschläge haben ihre entsalzende Wirkung demnach in der bereits stärker entsalzenen Oberschicht schonen und der Unterschicht stärker zur Geltung bringen können. Durch 630,5 mm Niederschlag ist ein Salzgefälle 11,234 g, auf 100 mm um 1,78 herbeigeführt worden; das ist fast doppelt soviel als mit der gleichen Niederschlagsmenge in der oberen Schicht mit 0,929 g/l, wobei in dieser die Durchschnittskonzentration (C) auch nur 6,33 (gegen 11,92 in 8—15 cm) g/l betrug.

Je geringer die Salzkonzentration in der Ober- und Unterschicht, desto geringer bzw. größer ist die entsalzende Wirkung der Süßwasserniederschläge.

- 3) Die Wattschicht in 16—30 cm Tiefe zeigte am 4. VIII. 36 wieder höhere C -Werte als in 8—15 cm Tiefe an: Bei einer Schwankungsbreite von 6,04—26,92 g/l lag der Durchschnitt bei 16,03 = + 4,11 > bei 8—15 cm um + 9,70 > bei 0—7 cm Tiefe. Die Niederschlagsmenge von 1109,7 mm lag bei verhältnismäßig hohen C -Werten der überliegenden Schicht diese unter noch weniger beeinflußt und nur ein Salzgefälle von \bar{C} 6,97 g/l (d. i. auf 100 mm = 0,628 g/l) bewirkt.

Es wird hier also bestätigt, daß eine bestimmte Niederschlagsmenge umso weniger entsalzend wirkt, je tiefer die salzhaltige Sedimentschicht liegt und je salzhaltiger die darüberliegenden Sedimentschichten sind. Vermutlich kann hieraus gefolgert werden, daß auch der kapillare Salzaufstieg umso geringer ist, je tiefer die Entsalzung vorgeschritten und je geringer die Salzkonzentration der unteren Sedimentschichten ist.

Die Zahlenwerte vom 24. III. 37 bestätigen auf großer Linie auch für die Tiefenschicht die in der 8—15-cm-Schicht festgestellten Gesetzmäßigkeiten.

- 4) In 31—50 cm Tiefe war am 4. VIII. 36 fast überall der ursprüngliche C -Wert angegeben.

Bei einem durchschnittlichen C -Wert von 24,64 g/l wird offensichtlich, daß trotz einer 40 cm tiefen Begrüppelung im Herbst/Winter 1935/36 in einem Zeitraum von reichlich einem Jahr nach Deichschluß eine Niederschlagsmenge von 1109,7 mm auf die Tiefenschicht 31—50 cm noch in keiner Weise ein

salzend gewirkt hat. Infolgedessen kann in Trockenzeiten der kapillare Salzaufstieg in die 30 cm starke Oberschicht auf kürzestem Wege in vollem Maße einsetzen.

Die Winterniederschläge haben aber auch hier am 24. III. 37 ein Salzgefälle von \varnothing 24,64 auf \varnothing 12,75 g/l (also um rund die Hälfte der ursprünglichen Konzentration) herbeigeführt, d. i. auf 100 mm Niederschlag eine Minderung der C-Werte um 1,89 g/l (\sim wie in der 8—15 cm Schicht).

Auch in der Tiefenlage 31—50 cm zeigte sich besonders eindeutig die entsalzende Wirkung der Niederschläge des verdunstungsschwachen Winterhalbjahres.

In kurzer Zusammenfassung ergeben sich aus der vorliegenden Versuchs- und Untersuchungsreihe folgende Feststellungen bzw. Gesetzmäßigkeiten:

1. Auf mehlsandhaltigem Tonwatt war schon im 2. Jahre nach Deichschluß durchweg eine gesunde Entwicklung der Ölfrucht Raps bis zu einem durchschnittlichen Mittelsertrag von 20 dz/ha möglich.
2. Die Niederschläge des verdunstungsschwachen Winterhalbjahres sind für die Intensität der Entsalzung entscheidend.
3. In der oberen Sedimentschicht geht die Entsalzung zunächst am schnellsten und intensivsten vonstatten.
4. Die Intensität der Entsalzung nimmt mit zunehmender Tiefe ab, solange in den Oberschichten noch höhere Salzkonzentrationen vorhanden sind.
5. Nach Entsalzung der Oberschichten fallen auch die C-Werte der Unterschichten schneller ab.
6. Das Salzgefälle verschiedener Sedimentschichten wird bei gleichen Niederschlagsmengen unter sonst gleichen Umständen verhältnismäßig umso geringer, je stärker die Salzmenge im Sedimentwasser bereits herabgemindert ist.

Wegen seiner praktisch entscheidenden Bedeutung mag ergänzend noch kurz der physiologische Wirkungsfaktor „Salzkonzentration = C“ in seinen Beziehungen zur Keimung und zur Entwicklung der angebauten Versuchspflanze gestreift werden: Bei der laufenden Beobachtung wurde festgestellt, daß die Keimung und Jugendentwicklung der Rapspflanzen auf manchen Versuchsäckern oder Teilstücken einzelner Versuchsäcker nur langsam und zögernd vor sich ging, die Blätter eine rotbraune bis hellgelbe Färbung zeigten und die Wachstumsfreudigkeit zeitweilig mangelhaft war. Diese Beobachtungen sind aber erklärlich, denn Anfang Juli hatte ein stärkerer kapillarer Salzaufstieg stattgefunden und im Herbst ging das Wurzelsystem der jungen Rapspflanzen schon bis zu 20 cm Tiefe in die Wattsedimente hinein. Unter der entsalzenden Wirkung der Niederschläge des Winterhalbjahres traten dann aber die durch zu hohe C-Werte ausgelösten Hemmungen in der Entwicklung im folgenden Frühjahr mehr und mehr zurück, um sich im Vorsommer ganz zu verlieren, so daß sich der schon angedeutete Durchschnittsertrag von 20 dz/ha Samen ergab.

Die physiologische Grenze der Salzduldsamkeit der Rapspflanze ist in dieser Versuchsreihe nicht festgestellt. Sie wird im Laufe des Entwicklungszustandes vermutlich auch variieren und umso höher liegen, je kräftiger das Wurzelsystem entwickelt und je widerstandsfähiger das Blattsystem geworden ist.

Versuchsreihe II:

Raps auf tonig-schluffigem Mehlsandwatt.

In dieser Reihe ist die Ansaat der Versuchsfrucht erst im Sommer 1937 — (2 ½ Jahre nach Deichschluß) und die Ernte im Juli 1938 (reichlich 3 Jahre nach Abriegelung vom Salzwasser) erfolgt. Im Vergleich zur Versuchs-

reihe I handelt es sich hier bei einer Höhenlage von — 0,322 bis — 0,422 MTH nach erfolgter Bodenbildung um „tonig-schluffiges Mehlsandwatt“ = „mittelschwerer Ackerboden“ mit einer Bodenkörnung von \varnothing 19,84% To 25,98% Schluff, 49,08% Mehlsand und 5,10% Feinsand. Schluff und Mehlsand bilden mit zusammen 75,06% also $\frac{3}{4}$ des Bodenskeletts.

Auf der Wattoberfläche zeigten sich im Vorsommer 1937 eine schwache Besiedlung mit ärmlichen, kümmernden Quellerbeständen und trotz zweijähriger Entwicklung der Atmosphären keine natürlichen Risse. Auch war die Oberfläche sehr stark mit den Schalen verschiedener Muschelarten überlagert. Diese, sowie auch rostfarbene Röhren aus Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, fanden sich zahlreich bis in größeren Tiefen vor.

Untersuchungen auf wichtige Wachstumsfaktoren des Standortes zeigten am 10. IV. 37 bei einem normalen, mittleren Wassergehalt als Ergebnis eine ausgesprochene Armut an organischer Substanz (\varnothing 1,17% gegen 1,5—2% im Standort der Versuchsreihe I), einen hohen Gehalt an auswechselbaren Basen, einen neutralen bis schwach alkalischen Reaktionszustand, einen vorerst ausreichenden Kaligehalt und einen ausgeprägten Mangel an Phosphorsäure.

Auffällig war die eigenartig feste Lagerung der Wattsedimente bis in größere Tiefen, vermutlich hervorgerufen durch den hohen Anteil an Schluff und Mehlsand in dem gegebenen Körnungsverhältnis.

Auf Grund vorliegender Beobachtungen und inzwischen gesammelter Erfahrungen war eine sehr starke Neigung zur Verschlämmlung und ein intensiver kapillarer Salzaufstieg in die oberen Sedimentschichten im Laufe längerer Trockenperioden des Sommers zu erwarten.

Die Fragestellung der Versuchsanlage lag zur Hauptsache in der Richtung: Wie ist das Salzbild des Mehlsandwattes im dritten Jahre nach Deichschluß? Wie wirken Tiefe und Häufigkeit der Wattoberfläche und eine Dränung auf den Ablauf der Entsalzung? Wie stellt sich die physiologische Haltung, Entwicklung und der Ertrag der Rapspflanze auf diesen absonderlichen Standort ein?

Die Begrüppelung wurde in den Monaten Februar/März 1937 bei 10 m Ackerbreite mit 40 × 40 cm breiten und tiefen Grüppeln durchgeführt und die gewonnene Grüppelerde am 24. IV. 37 gleichmäßig über die ganze Beetbreite verteilt; eine flache Dränage der nördlichen Hälfte eines jeden Versuchsackers wurde im Laufe des April mit 60 (Brechpunkt) bis 80 cm (Ausmündung) bei 10 m Dränabstand angelegt. (Die Anlage der Grüppeln und Dräne erfolgte also erst 2 Jahre nach Deichschluß) Die Versuchsfrucht wurde am 8. VIII. 1937 mit 8 kg/ha auf 25 cm Reihenabstand gedrillt und erhielt gleichmäßig insgesamt 110 kg/ha Reinstickstoff in Form von Kalkammonsalpeter als Kopfdünger, davon 250 kg/ha am 16. IX. 37 (Herbstdüngung) und 300 kg/ha am 20. III. 38 (Frühdüngung).

Entsprechend der Hauptfragestellung dieser Versuchsreihe ist von vornherein besonderer Wert auf die Erfassung der C-Werte zu Beginn der Versuchsarbeit und während des Zeitraumes der Entwicklung der Versuchsfrucht gelegt. Zu diesem Zweck wurden in meist monatlichen, oft auch zweimonatlichen, Zeitabständen Untersuchungen dieses physiologisch so wichtigen Umstandes in verschiedenen Tiefenlagen vorgenommen.

Infolge des begrenzten Umfangs dieses Zahlenbeitrags ist es nicht möglich, das vorliegende umfang- und aufschlußreiche Zahlenmaterial hier im einzelnen auszuwerten. Es sei daher nur kurz angedeutet:

1. Am 10. IV. 37, also fast 2 Jahre nach Deichschluß war ohne Entwässerungsmaßnahmen und nach dem langen Niederschlagszeitraum des Winterhalbjahres in der oberen Sedimentschicht von 0—15 cm eine so starke Entsalzung zu verzeichnen, daß die Herbstgrenze der Salzduhdsamkeit mit 6 g/l durchweg unterschritten wurde; auch in der darunterliegenden 16—30 cm-Tiefenschicht war ein mehr oder weniger starkes Absinken der C-Werte festzustellen, während in den tieferliegenden Sedimentschichten noch durchweg die ursprüngliche Konzentration gefunden wurde.

Im Vergleich zu dem mehlsandigen Tonwatt der Versuchsreihe I war hier aber für alle Entnahmeschichten ein wesentlich geringeres Salzgefälle zu verzeichnen, obwohl der Tongehalt hier fast 10% niedriger war und auch angenommen werden muß, daß die Entsalzung eines sandigeren Bodens schneller vor sich geht.

Die Erklärung für die schnellere Entsalzung der tonigen Sedimente der Versuchsreihe I ist aber gegeben in der rund 1 Jahr früher erfolgten Begrüppelung, die das Absinken der Salzkonzentration trotz höheren Tongehaltes wesentlich beschleunigt hat. Immerhin bleibt es aber doch erstaunlich, daß das tonig-schluffige Mehlsandwatt auch ohne Begrüppelung in seinen oberen Schichten rund 2 Jahre nach der letzten Salzflut auf eine pflanzensoziologisch erträgliche Linie der Salzkonzentration gesunken ist.

2. Auch ohne Begrüppelung sind die oberen Wattschichten am schnellsten und intensivsten entsalzen.
3. Die Intensität der Entsalzung nimmt auch hier mit zunehmender Tiefe ab, solange in den jeweils überliegenden Schichten noch verhältnismäßig höhere C-Werte vorhanden sind.
4. Das zunächst verhältnismäßig schnelle Fallen der C-Werte verlangsamt sich in dem Maße, wie die Salzkonzentration des Sedimentwassers abnimmt.
5. Das Absinken der Salzkonzentration verläuft nicht in gerader Linie bis zum Nullpunkt; vielmehr scheint bei einem bestimmten Salzgehalt ein Gleichgewichtszustand einzutreten. Dieser Zustand liegt auf dem tonig-schluffigen Mehlsandwatt aber bei einer wesentlich höheren Konzentration als auf dem tonhaltigeren Watt; wahrscheinlich wieder bedingt durch die spätere Begrüppelung.
6. Die jahreszeitlichen Konzentrationsschwankungen sind sowohl in den Schichten gleicher Tiefenlage als auch in verschiedenen Tiefenschichten erstaunlich groß. Die C-Werte steigen vom Frühjahr bis in den Vorsommer sehr stark an, halten sich über Sommer bis in den Spätherbst hinein mit verschiedenen Schwankungsbreiten auf der angestiegenen Linie, fallen im nachfolgenden Winter ab, um dann im Frühjahr erneut anzusteigen.

Dieser Verlauf der Konzentrationslinie hebt die große Bedeutung der Wasserbewegung im Salzwatt, die jahreszeitlich durch das Verhältnis der Niederschlagshöhe zur Verdunstungsstärke und in Auswirkung hiervon durch Richtung und Stärke der Kapillarität bedingt ist, klar heraus.

7. Von praktisch größter Bedeutung ist auch die aus dem Vergleich horizontale C-Werte im jahreszeitlichen Verlauf abzuleitende Feststellung eines wiederholten erneuten Anstiegs der Konzentrationswerte auch wesentlich über die pflanzenphysiologisch erträglich Grenze hinaus. So kann die Folgerung, daß bei verhältnismäßig erträglichen C-Werten am Ausgang des Winterhalbjahres die Salzgefahr auf diesen Standort für immer überwunden sei, ein gefährlicher Irrtum sein, der bei zu frühzeitigem Anbau in der Entwicklung und dem Ertrag unsere Kulturpflanzen zu starken Rückschlägen führen kann.

Dies zeigt auch der Entwicklungsstand der Rapspflanzen in der Versuchsreihe II: In den Oberschichten des Standortes wurden am 10. IV. 37, also rund zwei Jahre nach Deichschluß, eine Salzkonzentration festgestellt, die durch schnittlich durchaus unter einer physiologisch erträglichen Grenze lag, so daß dieses Watt ohne Bedenken in Kultur genommen und angesät wurde; in Mai/Juni 1938, also reichlich drei Jahre nach der letzten Salzflut, traten in Wurzelbereich der inzwischen vollentwickelten und dem Reifestadium entgegenliegenden Pflanzen wieder C-Werte auf, die vielfach weit über die physiologische Gefahrengrenze hinaus gingen und, wie noch gezeigt wird, die Pflanzen zum Erliegen brachten.

Diese Feststellung läßt das Problem der Entsalzung in Hinblick auf den Zeitpunkt des Beginns der Anbauernutzung in seiner ganzen Schwierigkeit erscheinen und mahnt zu großer Vorsicht.

8. Die Drainage wirkt sich nicht auf jeden Fall sofort nach ihrer Anlage in meßbarem Umfange auf das Absinken der C-Werte aus. Es ist eine längere Zeit des Einspielens solcher Anlagen notwendig. Nach längeren Trockenperioden im Sommerhalbjahr und infolge des dadurch bedingten Übergewichtes der Verdunstung ist die salzanreichernde kapillare Steigkraft des Sedimentwassers stärker als die salzmildernde Saugkraft der Drainage.

Während der Entwicklungszeit der Versuchspflanze auf diesem tonig-schluffigen, salzhaltigen Mehlsandstandort ergab sich die auffallende Beobachtung einer großen Ungleichmäßigkeit in der Keimung und Jugendentwicklung: Auf den dränierten Ackerhälften ein gleichmäßiger Aufgang und eine geschlossene, wachstumsfreudige Jugendentwicklung mit kohlgriener Blattfarbe und nur selten kleineren Fehlstellen, auf den undräsenten Feldern große Fehlstellen, verzögerte Keimung und ein gehemmtes Wachstum der aufgegangenen Pflanzen mit rötlich-violetter Farbe der Blätter. Es hatte den Anschein, als ob die Rapspflanzen entweder salzkrank wären oder infolge der starken Verschlümmung unter Sauerstoffmangel litten; wahrscheinlich wirkten beide Umstände zusammen. Die großen Fehlstellen und lückigen Rapsbestände waren hervorgerufen durch die starke Neigung des Standortes zur Verschlümmung (hoher Mehlsandgehalt) zusammen mit den gegebenen hohen Salzkonzentrationen.

Im folgenden Frühjahr wurde dieser verschlammte Standort durch die Auswirkungen einer anhaltenden Trockenperiode (im April/Mai 1938) in besonderem Maße verdichtet und verhärtet. Gleichzeitig erhöhten sich die C-Werte der Oberschichten durch die Vergrößerung der kapillaren Steigkraft des salzhaltigen Sedimentwassers so stark, daß die fast schnittreifen Raps-

Zahlenübersicht 2: Ernteerträge und Salzkonzentrationen.

Nr. des Ver- suchs- ak- kers	Ertrag in Samen- dz/ha	Salzkonzentrationen in gr./Liter in Tiefen von cm							Fehlstellen	Gesundheit	
		0-7 am	8-15 am	16-30 am	11. IV. 38	11. V. 38	11. VI. 38	11. VI. 38			
1	12,43	4,18	7,97	2,12	7,18	8,47	11,95	10,53	14,85	lückig	gut
2	13,98	3,16	4,35	2,26	4,47	1,62	7,49	9,06	11,62	lückig	gut
3	9,86	4,84	12,61	3,94	6,68	12,82	8,28	13,86	14,36	stark lückig	} z. T. salzkrank
4	12,05	3,22	5,07	3,56	5,55	9,22	8,70	8,35	14,32	lückig	
5	4,54	2,14	11,60	1,18	4,07	7,75	9,45	14,93	13,40	größtenteils ohne Pflanzen	salzkrank z. T. sehr salzkrank
6	6,54	3,80	13,29	5,63	5,42	10,09	8,68	10,88	10,30	mehrere große	} z. T. salzkrank
7	9,00	6,84	6,85	2,18	7,96	11,91	9,28	8,92	12,22	sehr große, über Hälfte ohne Pf.	
8	7,38	7,09	7,46	3,80	9,53	7,68	13,82	11,80	13,00	sehr große	} z. T. salzkrank
9	16,43	3,40	3,71	2,14	5,75	7,23	8,15	7,59	12,75	mehrere größere	
10	13,32	3,12	4,58	1,71	6,48	4,91	12,17	6,99	11,19	südl. Hälfte größere	} gut
11	14,69	3,44	6,55	1,07	5,15	7,29	8,71	10,71	8,65	keine	
12	17,57	2,89	3,66	7,38	6,00	5,07	8,06	5,47	5,63	keine	gut
Ø:	11,48	4,01	7,31	3,08	6,15	7,84	9,56	9,92	11,02	—	—

pflanzen mit ihren kräftigen Stengeln vielfach geschwächt un- stellenweise zum Knicken und Umfallen gebracht wurde. Diese Erscheinung der geminderten Standfestigkeit und Plasmolyse zeigte sich besonders deutlich auf den undrännierten und tafelförmigen Versuchsfächer und hier zum Teil in so starkem Grade, daß ein nennenswerter Ertrag stellen- weise in Frage gestellt wurde.

In der vorstehenden Zahlenübersicht 2 sind die Samenerträge der Versuchs- frucht und im Vergleich hierzu die C-Werte an verschiedenen Entwicklungsdatei- ersichtlich.

Im Vergleich mit den Ertragszahlen der Versuchsreihe I, die sich im gleichen Zeitraum entwickelte, zeigte sich hier mit 11,48 dz/ha ein minderer Ertrag vor- über 40 v. H.; auch sind die Ertragsschwankungen zwischen den einzelnen Teil- stücken hier wesentlich größer. Die Hauptursache ergibt sich aus den zeitweili- gen hohen C-Werten, deren Auswirkungen auch in den Spalten 6 und 7 angedeutet sind. Dabei ist aber zu bedenken, daß auch die Acker- und un- d r u n g ihren Einfluß auf den Abfluß der Niederschläge und den Grad der Verschlammung zur Gel- tung bringt.

Bei einer genaueren Auswertung der Beziehungen zwischen Samenertrag der Versuchsfrucht und den Salzkonzentrationslinien ihrer Entwicklungszeit ergibt sich, daß die Raps- pflanze in der Zeit nach dem Schossen eine Salzkonzentration von mindestens 8 g/l (d. i. 1/2 der ursprünglichen C-Werte) ohne nennenswerten sichtbaren Schaden verträgt; im letzten Monat vor der Schnittrufe können die C-Werte in der Tiefenschicht von 15-30 cm sogar zeitweilig bis zu 12 g/l ansteigen, wenn sie sich in den oberen Schichten nicht über 6 g/l bewegen.

Die vorstehenden Ausführungen als Auszug und Auswertung von zwei Teil- versuchen mögen in diesem Rahmen genügen, um die Bedeutung des Entsalzungs- problems auf salzhaltigen Standorten aufzuzeigen. Eine ausführlichere Behand- lung der zu diesem Problem anstehenden Fragen, insbesondere auch die Aus- wirkung künstlicher Maßnahmen auf eine Beschleunigung des Entsalzungs- vorganges, wird an anderer Stelle erfolgen.

Hingewiesen sei aber nochmals auf das Werk von ZUUR (1938). In dieser Arbeit ist der Gesamtkomplex des Salzproblems mit außerordentlicher Gründlich- keit untersucht. Die auf den Unterwasserböden des Wieringermeeres gewonnenen Erkenntnisse liegen in gleicher oder ähnlicher Richtung, wie sie die Erfahrungen in den Watten des Finkhauskooges aufzeigen.

Schriften

ZUUR: Over de ontzilting van dem Bodem in de Wieringermeer. Een studie over de Zout- en Water- beweging in jonge Poldergronden. S' Gravenhage, Algemeene Landsdrukkerij, 1938.