

Arbeitsgemeinschaft
Gesamtkonzept Neusiedler See

**ERMITTLUNG
DES
FORTSCHRITTES
DER LÄNGERFRISTIGEN SEEVERLANDUNG DES
NEUSIEDLER SEES DURCH BESTIMMUNG DER SEDIMEN-
TATIONS-RATEN MITTELS RADIOCHEMISCHER METHODEN**

Univ. Doz. Dr. Karl IRLWECK*

Ing. Christian NETRWAL*

Badri KHADEMI*

und

Dipl.-Ing. Gerhard SPATZIERER**

Kurt FEURER**

Anschrift der Verfasser:

* Institut für Anorganische Chemie, Univ. Wien,
Währingerstraße 42, 1090 Wien

** Amt der Bgld. Landesregierung,
Abt. XIII/3-Gewässeraufsicht,
7041 Wulkaprodersdorf

Abschluß: Februar 1990
Finanzierung: BMWF über AGN

Die gegenständliche Arbeit wurde federführend von Univ. Dozent Dr. Karl IRLWECK, Institut für Anorganische Chemie der Universität Wien, und Dipl.Ing. Gerhard SPATZIERER, Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abt. XIII/3-Gewässeraufsicht, erstellt. Die Entnahme der Sedimentproben erfolgte durch Kurt FEURER, Amt der Bgld. Landesregierung, Abt. XIII/3-Gewässeraufsicht, die radiochemische Aufarbeitung durch Frau Badri KHADEMI, freie Mitarbeiterin am Institut für Anorganische Chemie, Universität Wien. Die alphaspektrometrischen Messungen wurden von Hrn. Ing. Christian NETRWAL, Institut für Anorganische Chemie, Universität Wien, vorgenommen. Kartografische und statistische Auswertungen auf Grund der Neuaufnahme des Seebodens des Neusiedler Sees (1985 bis 1988) wurden von Herrn Dipl.Ing. Dr. Elmar CSAPLOVICS, Biologische Station Neusiedler See, Illmitz, durchgeführt.

Für die gewährte Unterstützung und die zahlreichen Anregungen darf an dieser Stelle gedankt werden.

1. Einleitung

Aus historischen Kartenwerken des Neusiedler Sees geht hervor, daß der See in seiner Form und Größe in den letzten Jahrhunderten starken Veränderungen unterworfen war. Dies betrifft den Wasserstand (Hochwasser bis fast völlige Austrocknung), die freie Seefläche, die Schilfflächen sowie die Höhe und flächenmäßige Lage des Weich- und Hartsedimentes. Die große Flächenausdehnung des Neusiedler Sees bewirkt dabei in Zusammenhang mit der starken Windexponiertheit und der geringen Wassertiefe das Auftreten ausgeprägter Strömungen im See, die bis zum Seeboden hinunter reichen. Bei Starkwindereignissen nimmt der Trübegehalt im Seewasser deutlich zu, d.h. daß durch die auftretenden Strömungen Sedimente verfrachtet werden. JUNG-WIRTH (1978) unterscheidet im österreichischen Seeteil drei charakteristische Zonen des Sedimentes:

- a) Die Zone fester, häufig sandiger Hartböden entlang dem Ostufer, die ihre Entstehung vermutlich dem Sortierungseffekt starker Strömungen verdankt.
- b) Die Zone kompakter Böden des zentralen Sees. Sie weist leicht erhöhte Wassergehalts- und Glühverlustwerte auf. Kennzeichnend ist hier die meist kleinräumige Heterogenität beider Parameter sowie die relativ regelmäßige, nur wenige Millimeter bis zu 1 bis 2 cm dicke Feinschlamm Auflage. Gegen den nordwestlichen Schilfgürtel, aber auch den Südteil (Illmitz, Mörbisch) hin wird das Substrat zusehends weicher.
- c) Die dem nordwestlichen Schilfgürtel vorgelagerte, relativ homogene Weichschlammzone erreicht im direkten Schilfrandbereich sowie in Buchten und Kanälen ihre größte Mächtigkeit, wobei maximale Wassergehalte 90% und Glühverluste 10% betragen.

Um aus den oben angeführten Ausführungen detailliertere Angaben über das Ausmaß von Erosion und Sedimentation machen zu können, sind exakte Vermessungen der Weichschlammhöhen sowie des Profils des festen Untergrundes im See im Abstand von längeren Zeiträumen erforderlich. Die letzte diesbezügliche Seevermessung wurde 1963 von KOPF im österreichischen Teil des Neusiedler Sees durchgeführt. Die schematische Karte des Seebodens nach diesen Ergebnissen der Seevermessung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Auf Grund dieser Vermessungen und zusätzlichen Untersuchungen wurden von KOPF (1964) und LÖFFLER (1974) auch Erosionsraten in der Größenordnung von 0,1 bis 1 mm pro Jahr abgeschätzt. Exakte Meßdaten zur Bestätigung dieser Abschätzungen fehlten jedoch. Ein wesentlicher Eingriff in den Seezustand erfolgte durch die Schleusenregelung im Jahre 1965, wodurch der Seewasserstand längerfristig angehoben wurde.

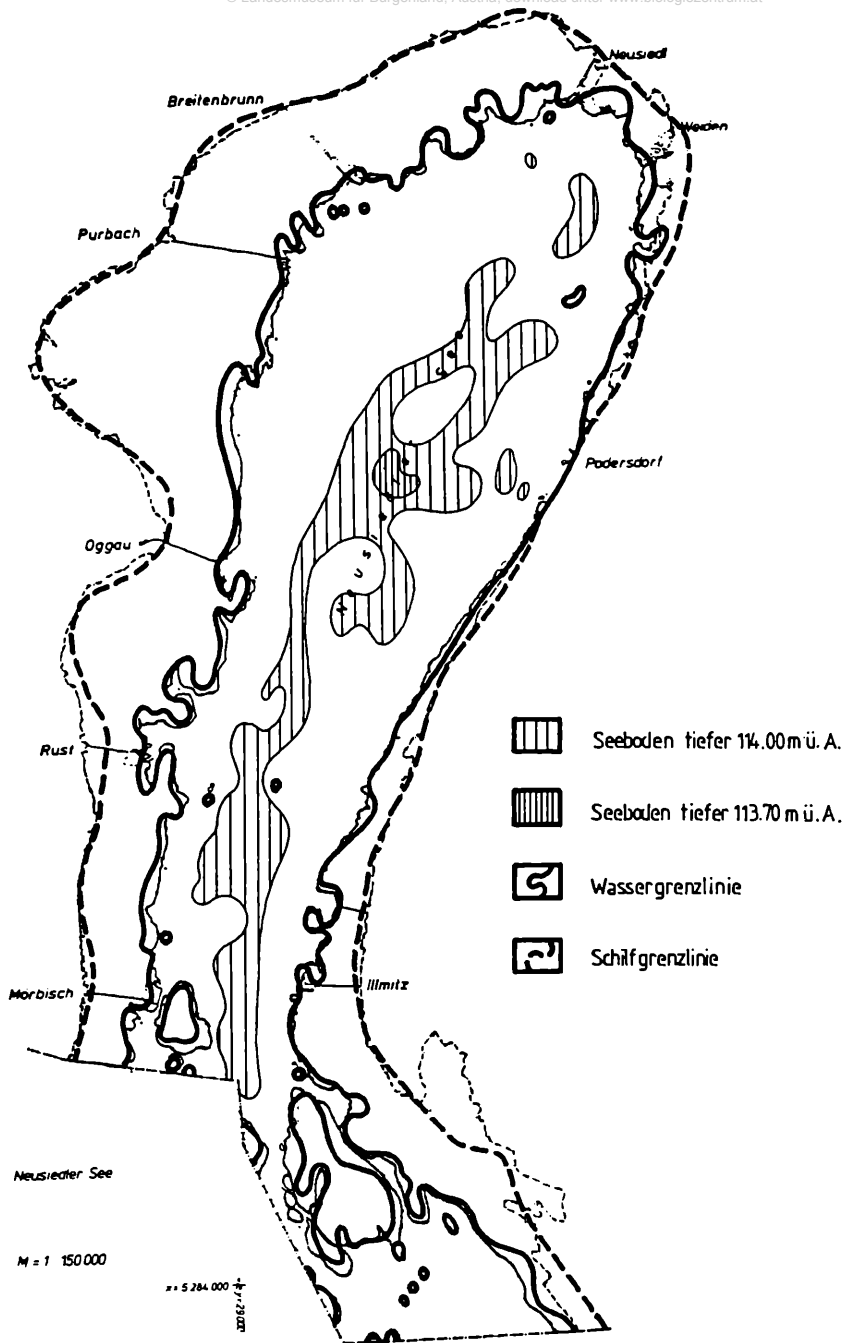


Abb. 1: Schematische Karte des Seebodens nach den Ergebnissen der Seevermessung 1963 (nach KOPF 1967), Kartengrundlage aus CSAPLOVICS (1982).

Orientierende Hinweise auf die Sedimentation von Trübstoffen wurden von STALZER und SPATZIERER (1987) gegeben, wobei auf Grund radiochemischer Altersdatierungen an einigen Stellen des Sees mittlere Sedimentationsraten bestimmt werden konnten. Weitere wichtige Hinweise waren auch von dem gleichzeitig durchgeführten Forschungsprojekt über die geodätische Aufnahme des Bodens des Neusiedler Sees (CSAPLOVICS, 1989) zu erwarten, wodurch mögliche flächenhafte Veränderungen gegenüber den kartografischen Aufzeichnungen von KOPF aus dem Jahr 1963 festgestellt werden sollten.

Da, wie oben angeführt, bisher nur Abschätzungen bzw. lokale Einzelmessungen über Sedimentationsvorgänge im See vorlagen, sollte mit dem gegenständlichen Forschungsprojekt versucht werden, mittels radiochemischer Methoden die Erosions- und Sedimentationsvorgänge im See nach Möglichkeit flächendeckend zu erfassen. Die Problemstellung war daher im Detail wie folgt vorgegeben:

- Ermittlung von Sedimentations- bzw. Erosionsraten auf Grund einer Vielzahl von Einzelproben.
- Beschreibung des derzeitigen Verschlammungszustandes.
- Abschätzungen über die weitere Verlandungsentwicklung im Randbereich Schilf/See.
- Versuch einer Korrelation der Ergebnisse mit den Daten der gleichzeitig durchgeführten Seevermessung.

2. Untersuchungsmethodik

2.1. Sedimentprobenentnahme

Der Einsatz der sogenannten Gefrierbohrkernmethode für die Gewinnung von Sedimentproben, welche im Projekt „Zusammenhang zwischen Feststoff- und Nährstoffbelastung des Neusiedler Sees durch Sedimentverfrachtung“ verwendet worden war, zeigte sich für die große Anzahl von Proben als zu aufwendig (Beschaffung und Antransport von flüssiger Luft). Es wurde daher eine vereinfachte Probeentnahmetechnik angewandt, wobei ein Rammkolbenlot mit einem innenliegenden Kunststoffrohr (Länge ca. 70 cm, Innendurchmesser 36 mm) eingesetzt wurde. Dabei ergab sich zusätzlich der Vorteil, Sedimentkerne mit einer genau definierten Querschnittsfläche (10,2 cm²) zu erhalten, wodurch der Stofftransport (Masse des Trockensedimentes bzw. Pb-210 Aktivität) direkt auf die Flächeneinheit bezogen werden konnte. Nach einer probeweisen Voruntersuchung im Juni 1987 wurde auf Grund der positiven Ergebnisse mit dieser Methode die weitere Beprobung nach diesem System vorgenommen. Die Praxis zeigte weiter, daß eine schichtenweise Auftrennung der gezogenen Bohrkerne vor Ort (im Boot auf dem freien See) praktisch undurchführbar ist. Aus diesem Grunde wurden die Bohrkerne in den Kunststoffrohren ins Labor zur weiteren Probenaufarbeitung transportiert. Nach Entfernung des überstehenden Wassers (Abheberung) und einer mehrtägigen Trocknung bei Raumtemperatur war eine schichtenweise Abtrennung des Bohrkernes leicht möglich. Dabei wurden vorerst die gesamte Kernlänge ermittelt und sodann von den oberflächennahen Schichten jeweils Schichten mit 2 cm Stärke abgetrennt. Ab einer Kernlänge von 20 cm wurden jeweils bis 40 cm Kernlänge 5 cm Schichten abgetrennt. Um eine entsprechende Stauchung des Kernes bei der Entnahme aus dem Kunststoffrohr berücksichtigen zu können, wurde die Kernlänge nach jeweils 10 cm entnommener Sedimentprobe nachvermessen. Die derart gewonnenen Sedimentfraktionen wurden sodann über 24 Stunden bei 105° C getrocknet, in Kunststoffsäckchen verpackt und zur radiochemischen Untersuchung ans Institut für Anorganische Chemie weitergeleitet.

Für die Bestimmung der totalen Sedimentationsraten im seenahen Schilfrandbereich wurden offene 1 l-Behältnisse mit entsprechenden Haltevorrichtungen hergestellt, welche über einen

längeren Zeitraum (mehrere Monate bis zu einem Jahr) aufgestellt werden sollten. Wie sich im Zuge der weiteren Arbeiten jedoch herausstellte, war eine Ausbringung dieser Sedimentfallen in den Sommermonaten nicht möglich, da der Schilfrandbereich weder mit Booten befahren noch begangen werden konnte. Da in den letzten Jahren im Winterhalbjahr keine geschlossene tragfähige Eisdecke in diesen Bereichen auftrat, konnten diese Sedimentfallen jedoch nicht installiert werden.

Bei der Sedimentprobenentnahme — welche ausschließlich vom Boot aus durchgeführt wurde — erfolgte neben der Lokalisierung der Probeentnahmestelle auf Grund des Kartenmaterials von CSAPLOVICS (1989) auch eine Bestimmung der jeweiligen Wassertiefe sowie der Höhe des Weichsedimentes. Die Probenentnahmepunkte wurden sodann lagemäßig in die Seekarte eingetragen (*siehe Abb. 2*).

Die Sedimentprobenentnahme erfolgte vornehmlich im westlichen seeseitigen Schilfrandbereich, in welchem auf Grund früherer Untersuchungen erhebliche Anlandungen von Weichsediment festgestellt worden waren. Schwerpunktmäßig beprobt wurde dabei die Bucht oberhalb von Rust, die Bucht vor Oggau sowie der Bereich der Wulkamündung. Darüber hinaus wurden auch Bereiche der seeseitigen Schilfrandzone zwischen Mörbisch und Breitenbrunn beprobt, wobei Bohrkerne in unterschiedlichem Abstand vom Schilfrandbereich in östlicher Richtung zur Seemitte entnommen wurden. Um eine flächenhafte Verteilung des Sedimentes quer über den See ermitteln zu können, wurden auch zwei Transekte von der Oggauer Bucht zum gegenüberliegenden Ufer sowie im Bereich von Purbach bis nach Podersdorf beprobt. Abschließend wurde auch eine Längsbefahrung und Beprobung des Sees beginnend vom Grenzpunkt B0 bis in Höhe von Podersdorf durchgeführt. Zur Ermittlung der Sedimentationsraten bzw. Schwebstoffverfrachtung durch die Wulka erfolgte zusätzlich eine Beprobung im Bereich Seemühle sowie im Bereich der Ganswiese. Insgesamt wurden bei diesen Beprobungen innerhalb eines Zeitraumes von 2 Jahren 108 Bohrkerne gezogen, von denen an 86 Kernen die entsprechenden Pb-210 Profile untersucht wurden. Dazu waren ca. 800 radiochemische Analysen notwendig.

2.2. Radiochemische Untersuchungen und Auswerteverfahren

Zur quantitativen Erfassung von Sedimenttransportvorgängen bieten sich radiochemische Verfahren an, insbesondere die Radioblei-Methode, die eine Bestimmung von lokalen Sedimentationsraten aus dem Tiefenprofil des Radiobleigehaltes erlaubt (SCHELL und NEVISSI, 1983; GOLDBERG, 1963; KRISHNASWAMY et al., 1971). Von den natürlichen Zerfallsprodukten der Uranreihe wird Radioblei (^{210}Pb) über den Radongehalt der Atmosphäre vor allem durch Auswaschen mit den Niederschlägen der Seeoberfläche zugeführt. So liegt die ^{210}Pb -Konzentration des Regenwassers in mittleren geographischen Breiten bei etwa $0,1 \text{ Bq/l}$ (3 pCi/l) (UNSCEAR, 1977). Dieses „Überschußblei“ (unsupported ^{210}Pb) wird praktisch vollständig an Tonpartikel gebunden und nimmt auf diese Weise an der Sedimentbildung und an Transportvorgängen teil (FRANCIS und BRINKLEY, 1976). Zusätzlich ist in den Sedimenten noch ein relativ geringer, praktisch konstanter Anteil von ^{210}Pb vorhanden, der vom Uran-/Radium-Gehalt des Sedimentmaterials selbst stammt. Durch Aufnahme des ^{210}Pb -Tiefenprofils eines Sedimentkernes kann unter Annahme einer konstanten Jahresaktivitätszufuhr mit dem Niederschlag aus dem Überschußblei mit Hilfe der radioaktiven Halbwertszeit des ^{210}Pb von 22,26 Jahren eine mittlere Sedimentationsrate berechnet werden.

Aus meßtechnischen Gründen ist es dabei einfacher, das mit dem Radiobleiisotop ^{210}Pb im Gleichgewicht befindliche Polonium (^{210}Po) zu ermitteln (EAKINS und MORRISON, 1978). Über erste derartige Untersuchungen an Sedimenten des Neusiedler Sees wurde von IRLWECK und HEDRICH (1983) berichtet.

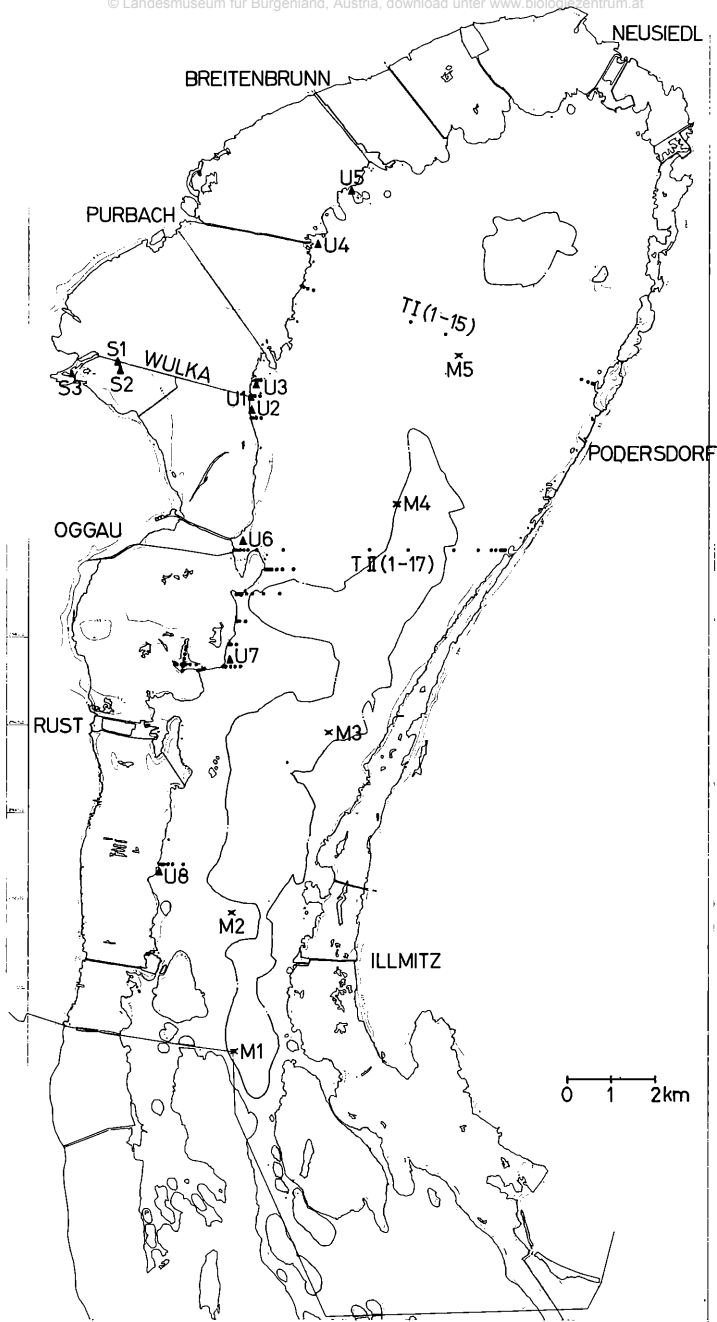


Abb. 2: Lage der Probeentnahmepunkte; Karte der Seewanne mit Konturlinie tiefer 114,00 m Seehöhe; Kartengrundlage aus CSAPLOWICS (1989).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten wurde das Hauptaugenmerk zunächst auf eine Optimierung der Polonium-210 Bestimmungsmethode gelegt. Dazu wurde das ursprüngliche Verfahren (EAKINS und MORRISON, 1978) dahingehend modifiziert, daß auch größere Mengen von Sedimentmaterial (bis zu 4 g) zum Einsatz gebracht werden können. Weiters wurden zur spontanen Abscheidung des Poloniums an Stelle der üblicherweise verwendeten Silberplättchen nun weit kostengünstigere Kupferscheiben benützt.

Wie bisher wurde das Sedimentmaterial zunächst in Quarzglaseprouvetten mit konz. Salzsäure vorbehandelt und in einem Metallblockthermostat 2 Stunden auf 420°C erhitzt, wodurch das ^{210}Po abdestilliert und im herausragenden, kühleren Eprovettenteil wieder abgeschieden werden konnte. Die Elektrodeposition erfolgte auf Kupferplättchen aus ca. 1 M Salzsäurelösung bei einer Temperatur von $80\text{--}90^{\circ}\text{C}$ während eines Zeitraumes von etwa 2 Stunden.

Die radiochemische Ausbeute für das gesamte Verfahren, d.h. von der Destillation bis zur Abscheidung auf dem Kupferplättchen lag zwischen 30 — 40% (einseitig gemessen) und wurde bei jeder Sedimentprobe durch Zugabe eines ^{208}Po -spikes bekannter Radioaktivität bestimmt. Auf diese Weise konnte bei einer Meßzeit von 30 ks (8,3 Stunden pro Messung) eine statistische Genauigkeit der Alphaaktivitätsmessung erzielt werden, die unter Berücksichtigung der Fehlerfortpflanzung einen relativen Fehler der Poloniumbestimmung von $\pm 5\text{--}10\%$ ($\pm 1\sigma$) zur Folge hat. Dadurch wurde eine ausreichende Genauigkeit zur Interpretation von Schwankungen des Radiobleigehaltes in den verschiedenen Sedimentschichten erreicht. Die Nachweisgrenze dieser Bestimmungsmethode kann mit 1 mBq/g Sediment abgeschätzt werden.

2.2.2 Auswerteverfahren

Die radiochemische Bestimmung des ^{210}Po -Gehaltes in den einzelnen Sedimentschichten liefert ein Profil über die Tiefenverteilung des Gesamtbleigehaltes. Diese primären Meßergebnisse sind in Abschnitt 3 für verschiedene Bereiche des Neusiedler Sees graphisch dargestellt. Die Angaben erfolgten in pCi/g Sediment, bezogen auf das Trockengewicht ($1\text{pCi/g} = 37\text{Bq/kg}$). Der Verlauf des Überschußbleigehaltes, also jenes Anteils, der allein für die Datierung der betreffenden Schichten wesentlich ist, kann daraus durch Subtraktion eines ungefähr konstanten Rest- ^{210}Pb -Gehaltes, der in den tiefer liegenden Sedimentschichten direkt zu beobachten ist, ermittelt werden. Die Sedimentproben des Neusiedler Sees zeigten einen solchen Restbleigehalt (^{210}Pb (supported)) von $7,5 \pm 1,5\text{Bq/kg}$ ($0,20 \pm 0,04\text{pCi/g}$).

Der Gehalt des ^{210}Pb (unsupported) lag in der Oberflächenschicht der Sedimentkerne üblicherweise im Bereich von 30 — 180 Bq/kg ($1\text{--}5\text{pCi/g}$) und nahm mit zunehmender Tiefe sehr rasch ab. In Lagen von 20—30 cm Tiefe gemessen von der Schlammoberfläche zeigten auch jene Kerne mit sehr hohen Überschußbleiablagerungen nur mehr den erwähnten Gehalt des ursprünglich im Sedimentmaterial vorhandenen ^{210}Pb (Restblei).

Es gibt 2 Verfahren, um aus diesem Verlauf des ^{210}Pb (unsupported)-Profils eine Sedimentationsrate (in mm/Jahr oder in $\text{kg/m}^2\cdot\text{Jahr}$) zu berechnen. Die ersten Kerne des Neusiedler Sees (IRLWECK und HEDRICH, 1983; STALZER und SPATZIERER, 1987) wurden nach dem sogenannten C.I.C. (= constant initial concentration)-Modell (GOLDBERG, 1963) ausgewertet. Dabei geht man von einer konstanten Anfangskonzentration des Überschuß- ^{210}Pb in der Oberflächenschicht des Sedimentkernes aus, die mit zunehmender Tiefe entsprechend dem Alter der betreffenden Schicht, durch radioaktiven Zerfall des ^{210}Pb abnimmt. In diesem Modell darf sich weder die Dichte des Sedimentes in tieferliegenden Schichten ändern, noch darf sich die Sedimentationsrate selbst im Laufe der Zeit verändern. Unter diesen Voraussetzungen ist in einer halblogarithmischen Darstellung des ^{210}Pb -Gehaltes gegen die Tiefe der Sedimentschicht z (cm) aus der Neigung der zu beobachtenden Geraden eine „Halbwertstiefe“ abzulesen, in der das Sediment nur mehr die Hälfte der Anfangsradioaktivitätskonzentration aufweist.

Das andere Verfahren, das sogenannte C.R.S. (= constant rate of supply)-Modell (APPLEBY und OLDFIELD, 1978), geht von einem konstanten jährlichen ^{210}Pb -Fluß auf die Sedimentoberfläche aus. In diesem Fall kann das Alter der Sedimentschicht in der Tiefe (z) dadurch berechnet werden, daß die gesamte Überschuß- ^{210}Pb -Ablagerung unterhalb dieser Schicht ins Verhältnis zur Gesamtdeposition an Überschuß- ^{210}Pb unterhalb der Oberflächenschicht gesetzt wird. Diese Gesamtaktivität, numerisch aufintegriert über die ganze Kernlänge, d.h. soweit das Überschußblei gemessen werden kann, ist in der betreffenden Tiefe bereits mit der radioaktiven Halbwertszeit des ^{210}Pb von 22,26 Jahren abgeklungen. Da diese Methode von jeglichen zeitlichen Änderungen der Sedimentationsrate und damit auch hinsichtlich eines variablen Feststoffgehaltes im Sedimentvolumen (Dichteunterschiede) unabhängig ist, wurden die Meßdaten der vorliegenden Untersuchungen nach der C.R.S.-Methode aufgearbeitet. Diese Auswertung liefert neben der direkten Altersbestimmung der Sedimentschichten, woraus sich für bestimmte Perioden durchschnittliche Sedimentationsgeschwindigkeiten (in mm/Jahr) ablesen lassen, aus der integralen Flächendeposition auch ein Maß für die Sedimentablagerung selbst. Wieweit diese Gesamtdeposition an Überschußblei mit der tatsächlich vorhandenen Schlammhöhe an der betreffenden Probenahmestelle zusammenhängt, wird im folgenden anhand der Meßergebnisse diskutiert.

Untersuchungsergebnisse

3.1. Bucht nördlich von Rust

Eine ausführliche Beprobung wurde am 1987 09 16 in einer Bucht nördlich von Rust vorgenommen. Die Probenahmestellen lagen entlang zweier Transekte, die vom Osten nach Westen (Sammelstellen 1a—1f) und vom Nordrand der Bucht nach Süden (2a—2g) gezogen wurden. Ergänzende Kerne wurden am 1988 11 30 am Ausgang der Bucht zum offenen See hin genommen. Die genaue Lage der Probenahmestellen geht aus der Karte in Abb. 3.1.1. hervor, die auch eine Darstellung der Seetiefe in Form des Höhenlinienverlaufes der Weichschlammoberfläche zeigt.

Die ^{210}Pb -Profile, die an diesen Kernen ermittelt wurden, finden sich in den Abb. 3.1.2.—3.1.4. Wie aus den graphischen Darstellungen des ^{210}Pb -Gehaltes in den einzelnen Sedimentschichten hervorgeht, erreicht die Konzentration des ^{210}Pb an der Oberfläche in ca. 5 cm Tiefe maximale Werte von 3—5 pCi/g (111—185 Bq/kg) wobei die Kerne in ihrer Schichtung bis zu 20 cm Tiefe merkliche Störungen aufweisen. Die beobachteten Schwankungen des ^{210}Pb -Gehaltes liegen dabei weit außerhalb der Meßfehlergrenze. Der natürliche Untergrund, das sogen. supported ^{210}Pb , kann als Mittelwert aus Messungen an den tieferliegenden Schichten mit $0,20 \pm 0,04$ pCi/g ($7,5 \pm 1,5$ Bq/kg) angenommen werden.

Aus diesen Daten der Radioaktivitätsmessungen und den gleichfalls ermittelten Trockengewichten der betreffenden Sedimentproben, die jeweils die Masse des Feststoffes angeben, die pro Kernfläche ($10,2 \text{ cm}^2$) in einer 2 cm Schicht abgelagert wurde, konnten für jeden Kern die Gesamtdeposition an Überschußblei, bezogen auf die Sedimentoberfläche, und nach der C.R.S.-Methode die Sedimentationsrate berechnet werden. Die Ergebnisse dieser Auswertungen sind in Tab. 3.1 zusammengestellt. Während die ^{210}Pb -Ablagerung im Nordteil der Bucht relativ niedrig bleibt ($1,3 — 2,4 \text{ kBq/m}^2$) erreichen die übrigen Teile der Bucht Werte zwischen 4 und 8 kBq/m^2 mit Spitzenwerten zwischen $15 — 30 \text{ kBq/m}^2$. Die Sedimentationsraten hingegen bleiben mit $3,2 — 4,9 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Jahr}$ durchaus vergleichbar. Am Ausgang der Bucht sind bei ungefähr gleichen ^{210}Pb -Depositionen deutliche Unterschiede in den Sedimentationsraten festzustellen. Die Werte liegen zwischen $1,5$ und $4,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Jahr}$. Auffällig ist dabei vor allem aber die offensichtliche Änderung

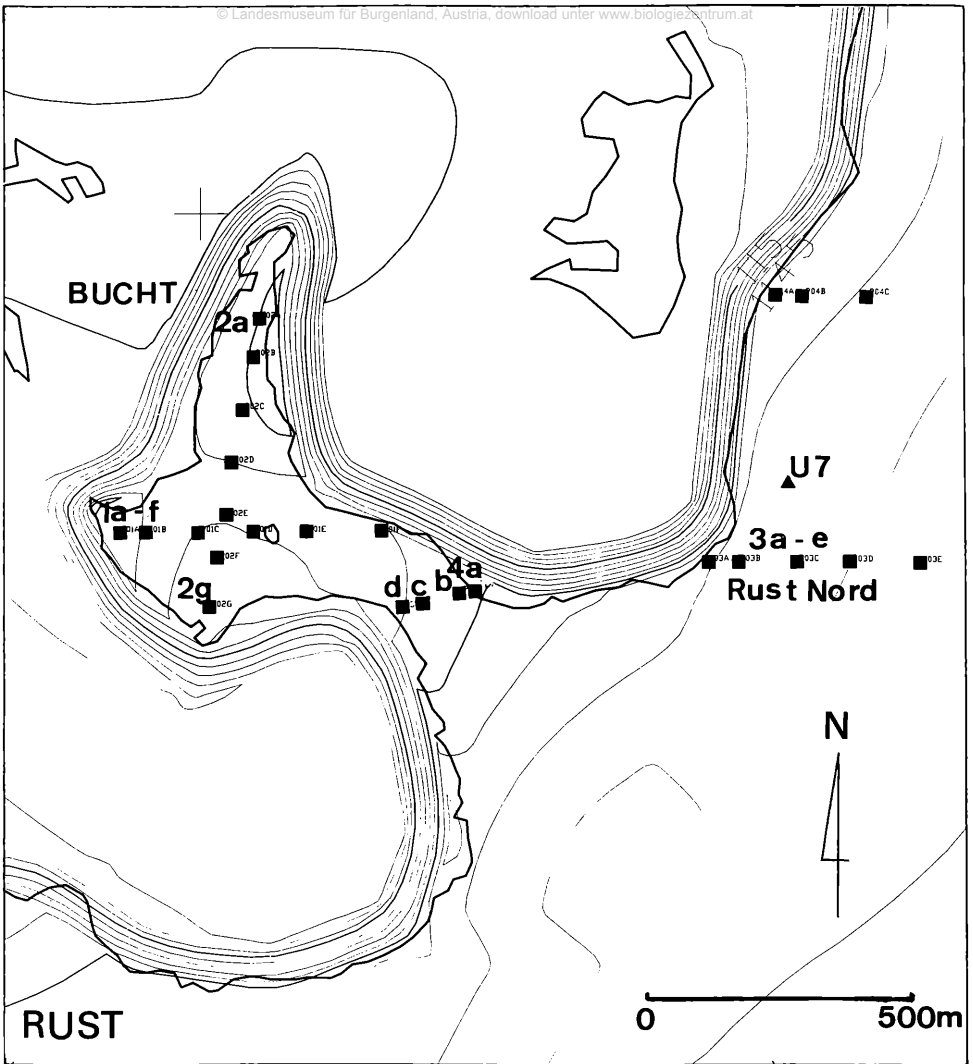


Abb. 3.1.1: Lageplan der Sedimentprobenahmestellen in einer Bucht nördlich von Rust. Karte mit Höhenschichtenlinien der Weichschlammoberfläche nach CSAPLOVIC (1989).

der Sedimentationsrate an ein und derselben Stelle im Verlaufe der Zeit. Das Alter der Sedimentschichten ist für einige typische Kerne in den Abb. 3.1.5. und Abb. 3.1.6. dargestellt. Diese zeitliche Zuordnung zeigt, daß in den letzten 10 Jahren in der Bucht selbst jährlich etwa 10 — 20 mm Sediment abgelagert wurden, gegen den Ausgang der Bucht zur freien Seefläche hin aber nur etwa 5 mm/Jahr. Eine merklich geringere Ablagerung mußte an dieser Stelle vor mehr als 25 Jahren stattgefunden haben. Aus dem unterschiedlichen Feststoffgehalt der Naßsedimente geht auch eine Dichteänderung ab diesem Zeitpunkt (etwa 1965) hervor. Bei einem Trockensubstanzgehalt von 0,4 gegenüber von 0,8 g/cm³ Sedimentvolumen errechnet sich, unter der Annahme einer durchschnittlichen Dichte von 2,6 g/cm³ für das feste Material, ein spezifisches Gewicht von 1,25 g/cm³ für die jüngeren Sedimente und von 1,50 g.cm⁻³ für die Zeit vor 1965. Der Wassergehalt

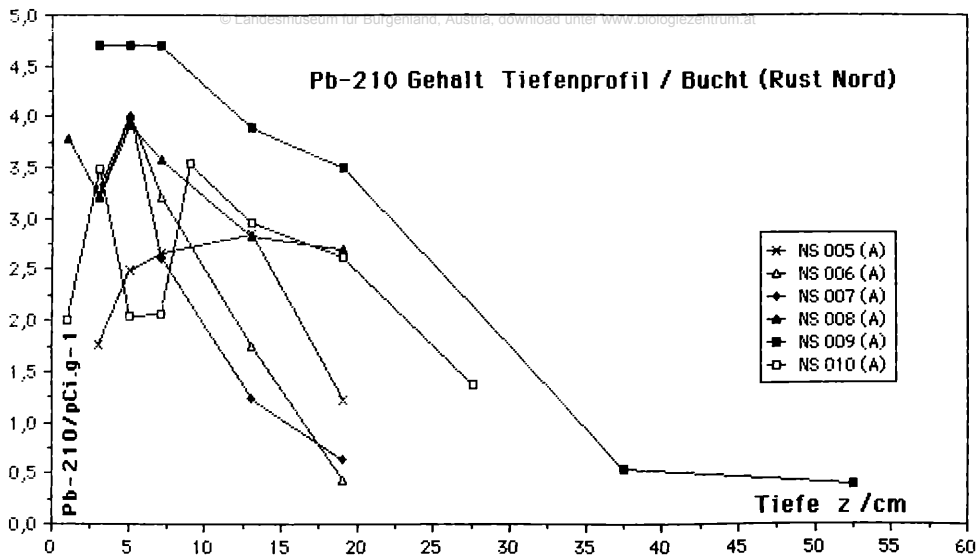


Abb. 3.1.2: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus einer Bucht nördlich von Rust in Abhängigkeit von der Schichttiefe (Transekt 1a-f, Abb. 3.1.1).

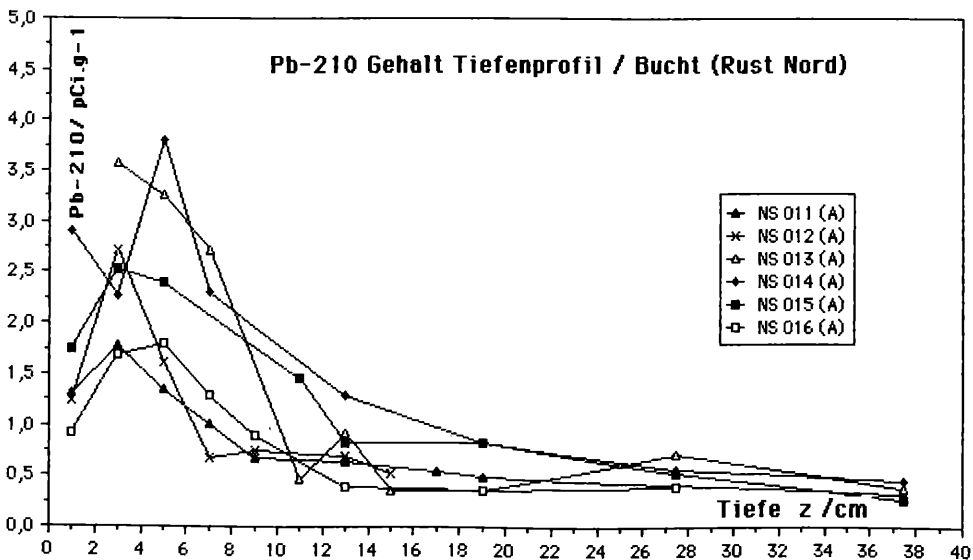


Abb. 3.1.3: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus einer Bucht nördlich von Rust in Abhängigkeit von der Schichttiefe (Transekt 2a-g, Abb. 3.1.1).

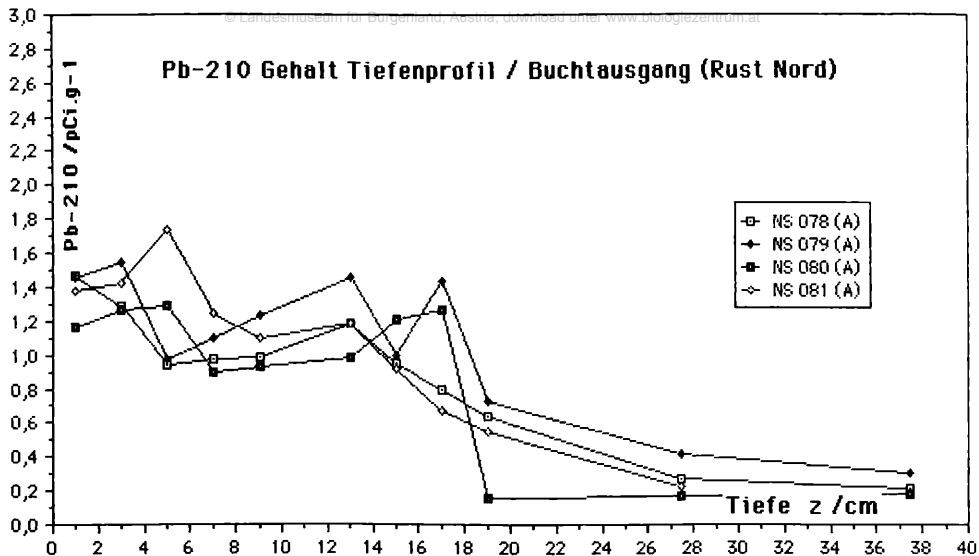


Abb. 3.1.4: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten vom Ausgang der Bucht in Richtung zum offenen See hin (Probenahmestellen 4a-d, Abb. 3.1.1).

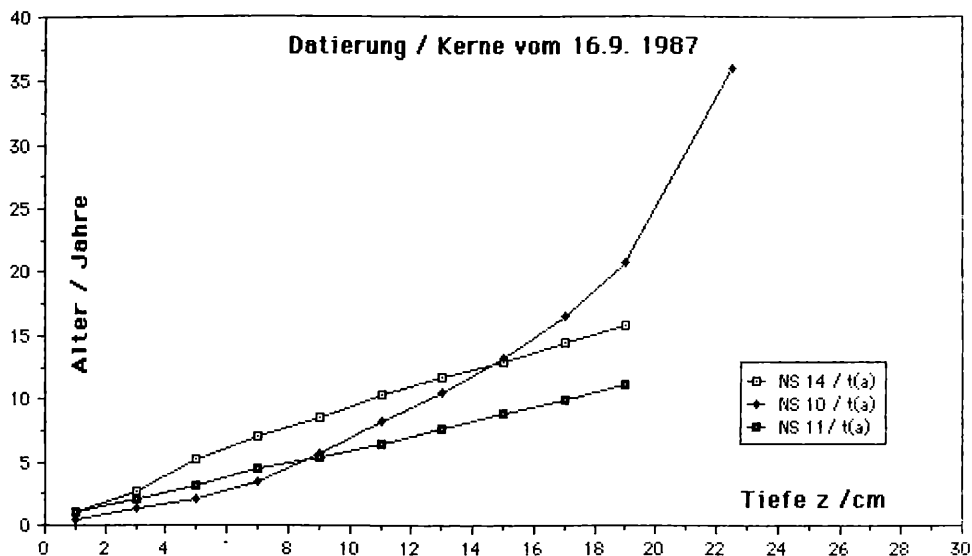


Abb. 3.1.5: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Proben aus einer Bucht nördlich von Rust.

sinkt dabei von 85% in der Oberflächenschicht auf 69% in den darunter liegenden Schichten ab. Auf eine extrem hohe Sedimentablagerung, die vor etwa 55 Jahren (1933) stattgefunden haben muß, kann aus dem Verlauf der Datierungskurve für den Kern NS 80 geschlossen werden, der ungefähr von der Mitte des Buchtausganges zum offenen See hin stammt. Eine Ursache dafür könnte der von KOPF (1968) berichtete Niedrigwasserstand nach einer relativen Trockenperiode im Zeitraum 1930—1935 sein.

Tab. 3.1: ²¹⁰Pb-Deposition, Schlammhöhe und Sedimentationsraten in einer **Bucht nördlich von Rust** (Probenahme: 1987 09 16)

Sammelstelle*)	Kern No	Schlammhöhe (cm)	²¹⁰ Pb-Deposition (kBq/m ²)	Sedimentationsrate (kg/m ² .Jahr)
1a	NS 05	57	7,7	—
1b	06	43	6,4	—
1c	07	50	5,7	—
1d	08	70	14,4	—
1e	09	80	27,4	4,1
1f	10	85	17,5	3,2
2a	11	45	2,4	4,2
2b	12	35	1,3	—
2c	24	45	2,0	—
2d	13	60	4,6	—
2e	14	65	5,7	4,9
2f	15	47	4,2	—
2g	16	45	4,2	—
Bucht Ausgang (Probenahme: 1988 11 30)				
4a	NS 78	65	5,2	3,3 (1,2)**)
4b	79	90	6,5	4,1 (2,3)
4c	80	70	4,6	3,2
4d	81	30	5,0	1,5

*) Lage der Sammelstellen siehe Abb. 3.1.1

***) In Klammer Sedimentationsraten vor 1965

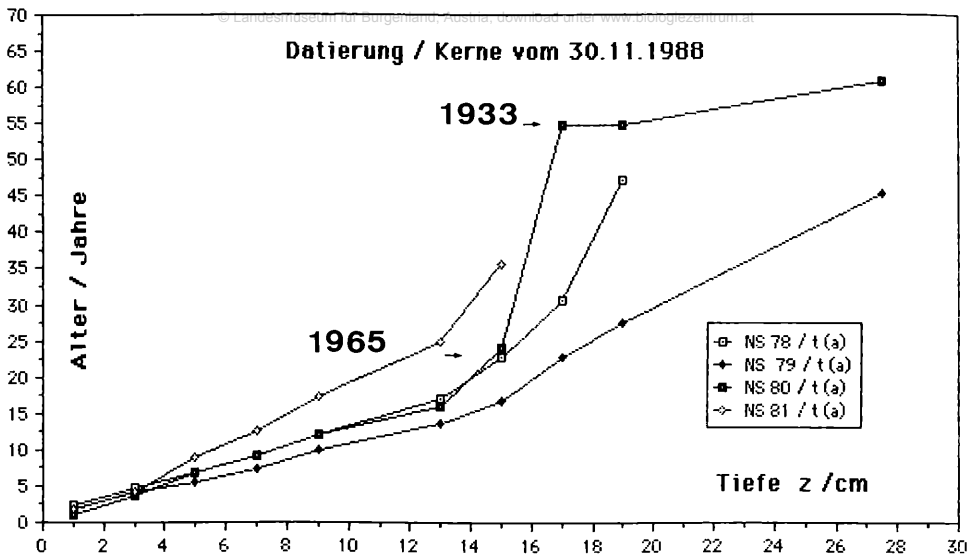


Abb. 3.1.6: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Proben vom Ausgang der Bucht zum offenen See hin.

3.2. Bereich Wulkamündung und Ganswiese

Im Hinblick auf die Frage des Feststoffeintrages durch die Wulka, insbesondere im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen, wurden mehrere Sedimentkerne im Bereich der Wulkamündung gezogen. Die Sammelstellen sind in der Karte Abb. 3.2.1 eingetragen. Zusätzlich wurden 3 weitere Kerne aus dem Bereich der Wulka vor ihrem Eintritt in die Schilfzone, nämlich von der Ganswiese (Kerne NS 75, 76) und etwa auf der Höhe der Seemühle (NS 77) genommen. Die Sammelstellen (S 1—3) sind in der Karte in Abb. 2 eingetragen. Die ^{210}Pb -Tiefenprofile sind den Abb. 3.2.2 — Abb. 3.2.6 zu entnehmen. Die daraus erhaltenen Werte für die ^{210}Pb -Deposition und die jeweiligen Sedimentationsraten sind in Tab. 3.2. zusammengefaßt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die ^{210}Pb -Ablagerungen im Mündungsgebiet der Wulka vom seeseitigen Schilfrand in Richtung zum offenen See hin auf etwa die Hälfte abnehmen. Die Werte sinken von 5—10 kBq/m^2 im Schilf/See-Randbereich auf 2—4 kBq/m^2 in etwa 0,5—1 km Entfernung vom Ufer. Die Ergebnisse für die Stellen im landseitigen Schilfrandbereich (Ganswiese und Seemühle) liegen in vergleichbarer Größe. Die dabei auftretenden maximalen ^{210}Pb -Konzentrationen im Sediment bleiben aber deutlich niedriger, wobei die Dichte des Naßsedimentes in der Schichte unter 5 cm Tiefe mit 1,4—1,6 g/cm^3 gegenüber ca. 1,3 g/cm^3 im Uferbereich deutlich höher ist. Die Datierung der Sedimentschichten ergibt, wie aus den Abb. 3.2.7 — Abb. 3.2.11 ersichtlich, einige Unregelmäßigkeiten. In praktisch allen Fällen ist auch hier die Zeitmarke um 1965 auffällig. Darüber hinaus sind vor allem in den Kernen von der Ganswiese und der Seemühle zusätzliche Änderungen des Sedimentationsgeschehens etwa um 1976 und zwischen 1980—84 zu bemerken. Diese Zeitangaben können aufgrund der vorliegenden Messungen mit einer Zuverlässigkeit von ± 2 Jahren erfolgen. Für genauere Zeitangaben wären Untersuchungen über den ^{210}Pb -Gehalt an Sedimentschichten von weniger als 2 cm Dicke erforderlich gewesen.

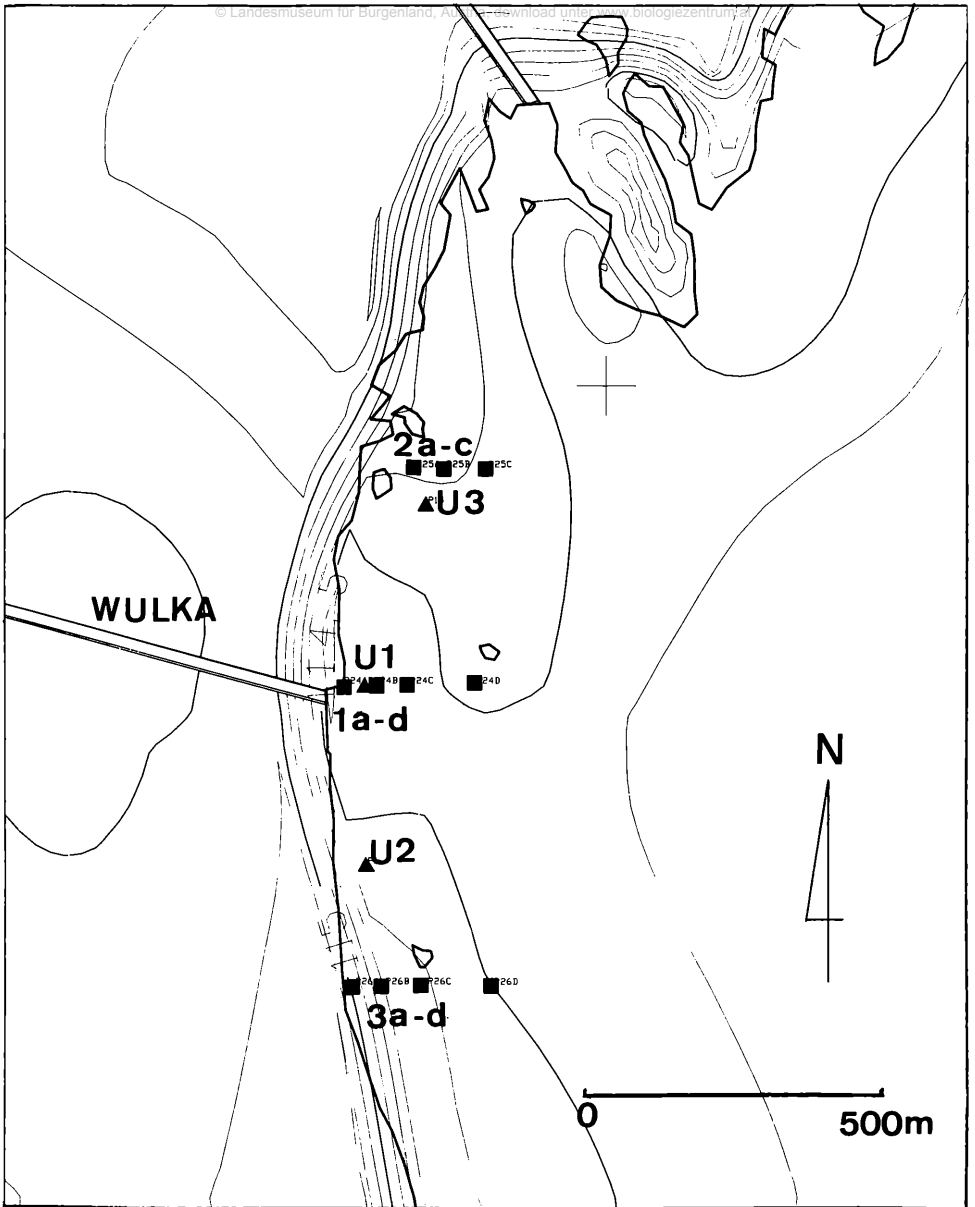


Abb. 3.2.1: Lageplan der Sedimentprobenahmestellen im Mündungsgebiet der Wulka in der seeseitigen Schilfrandzone. Karte mit Höhenschichtenlinien der Weichschlammoberfläche nach CSAPLOVICIS (1989).

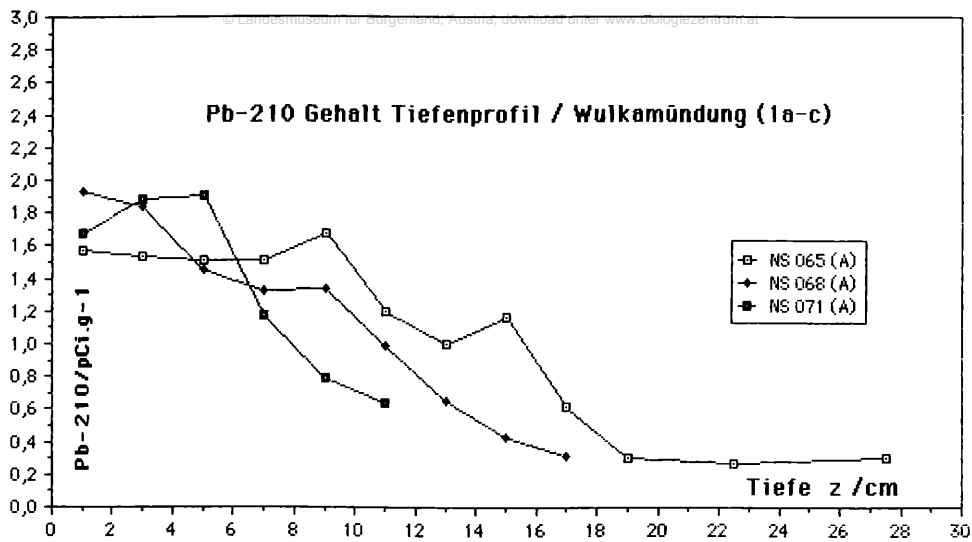


Abb. 3.2.2: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus der seeseitigen Schilfrandzone des Wulkamündungsbeereiches in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

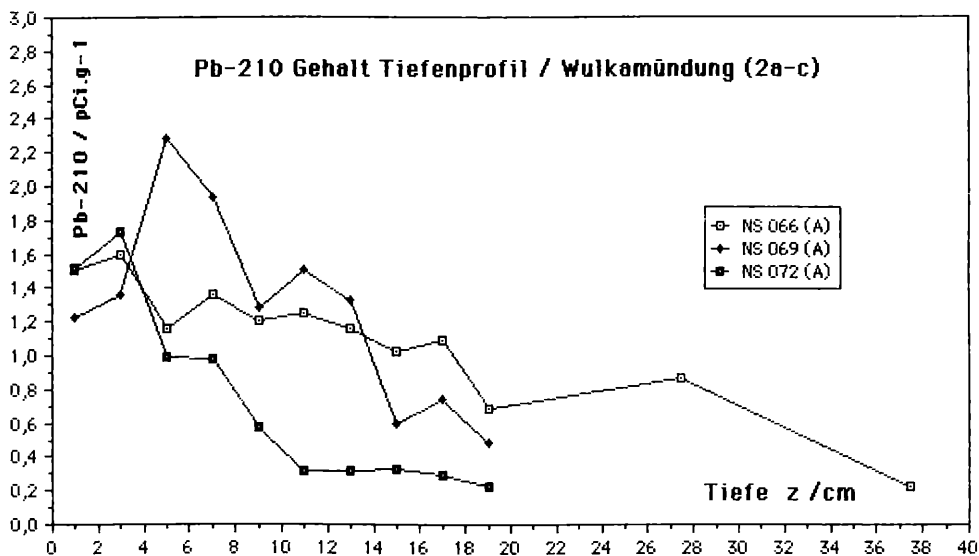


Abb. 3.2.3: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus der seeseitigen Schilfrandzone des Wulkamündungsbeereiches in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

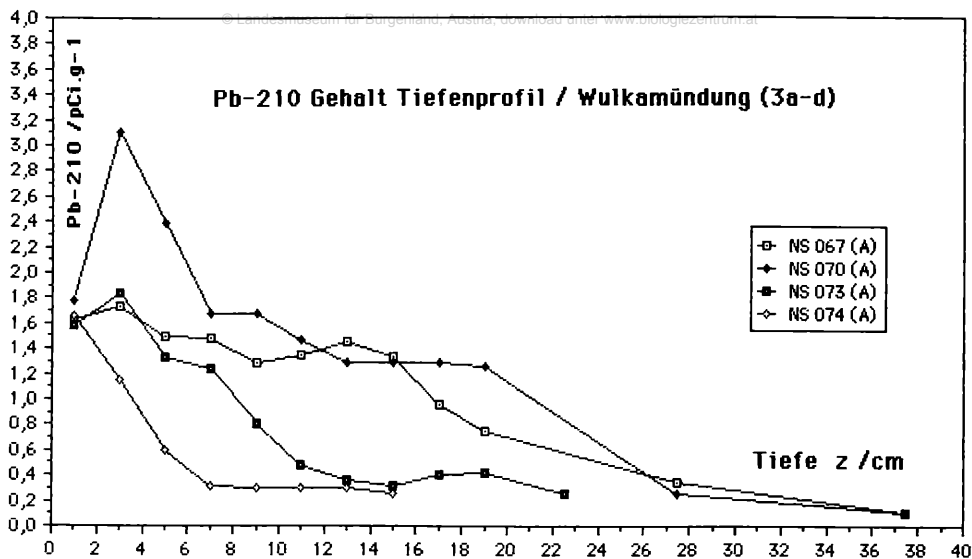


Abb. 3.2.4: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus der seeseitigen Schilfrandzone des Wulkamündungsgebietes in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

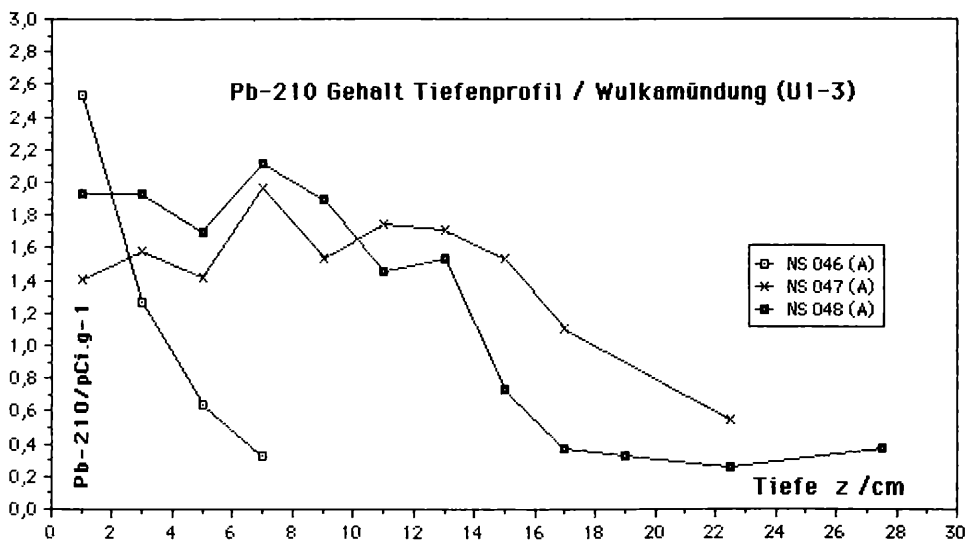


Abb. 3.2.5: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus der seeseitigen Schilfrandzone des Wulkamündungsgebietes in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

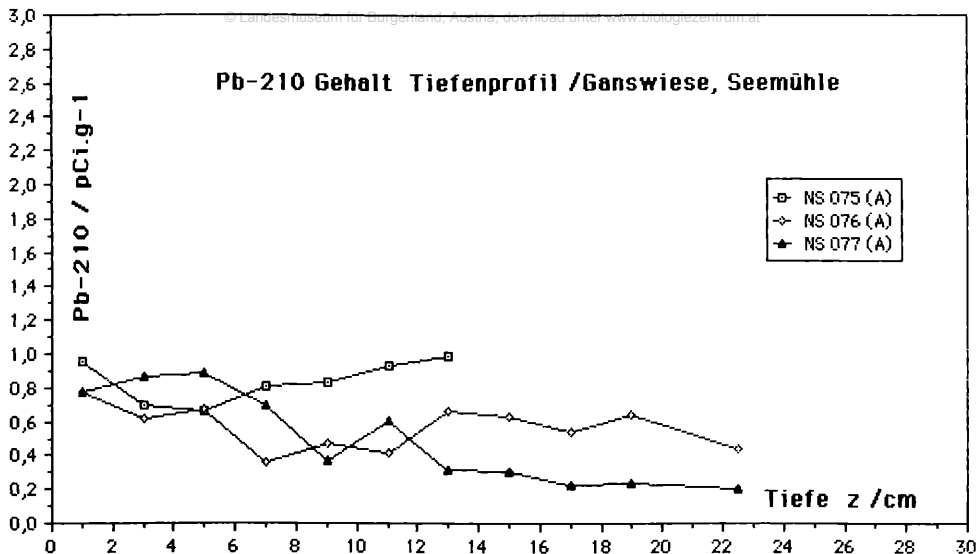


Abb. 3.2.6: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus dem Gebiet der Ganswiese und der Seemühle in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

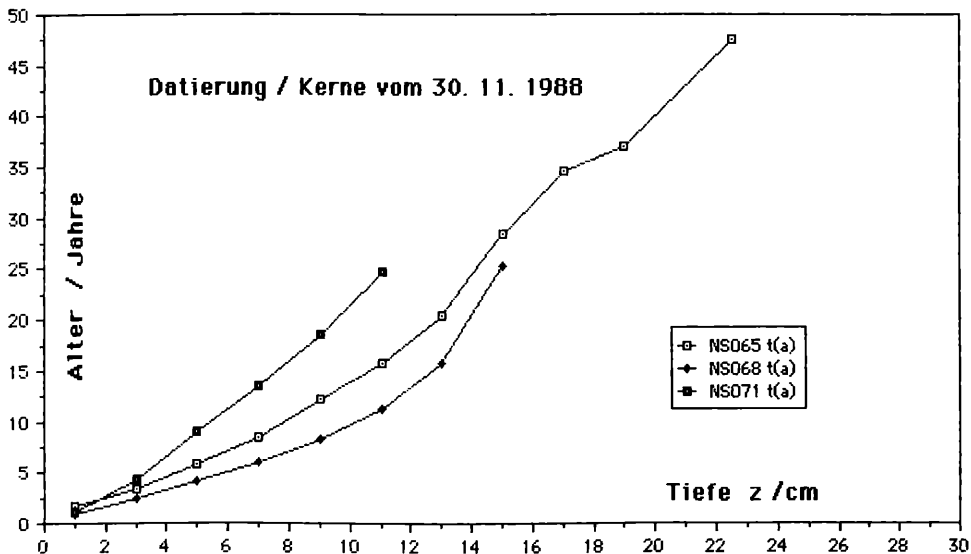


Abb. 3.2.7: Altersbestimmung von Sedimentschichten aus dem Bereich der Wulkamündung.

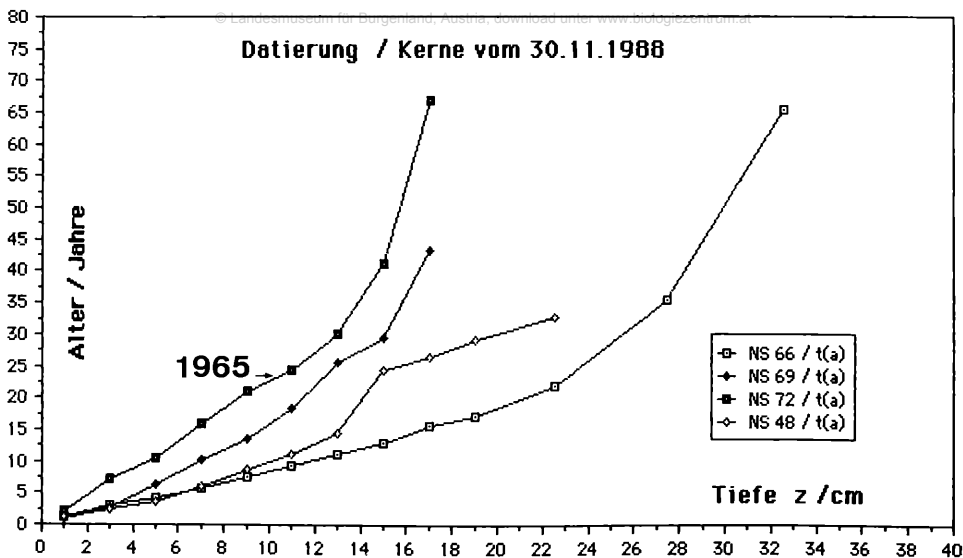


Abb. 3.2.8: Altersbestimmung von Sedimentschichten aus dem Bereich der Wulkamündung.

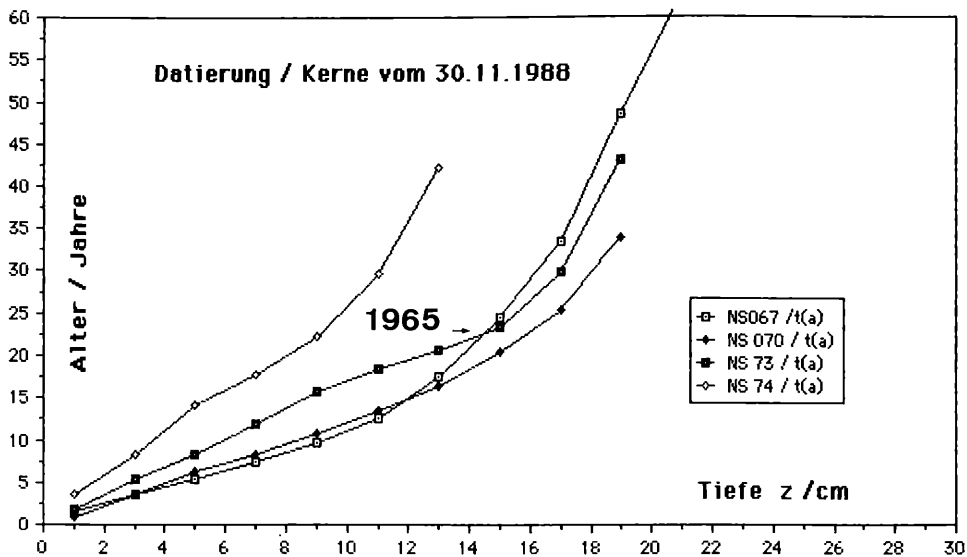


Abb. 3.2.9: Altersbestimmung von Sedimentschichten aus dem Bereich der Wulkamündung.

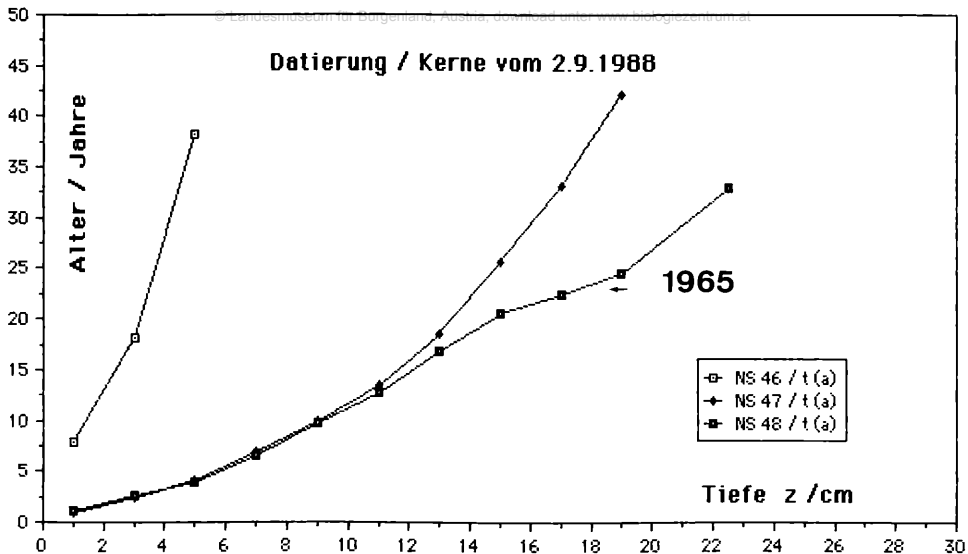


Abb. 3.2.10: Altersbestimmung von Sedimentschichten aus dem Bereich der Wulkamündung.

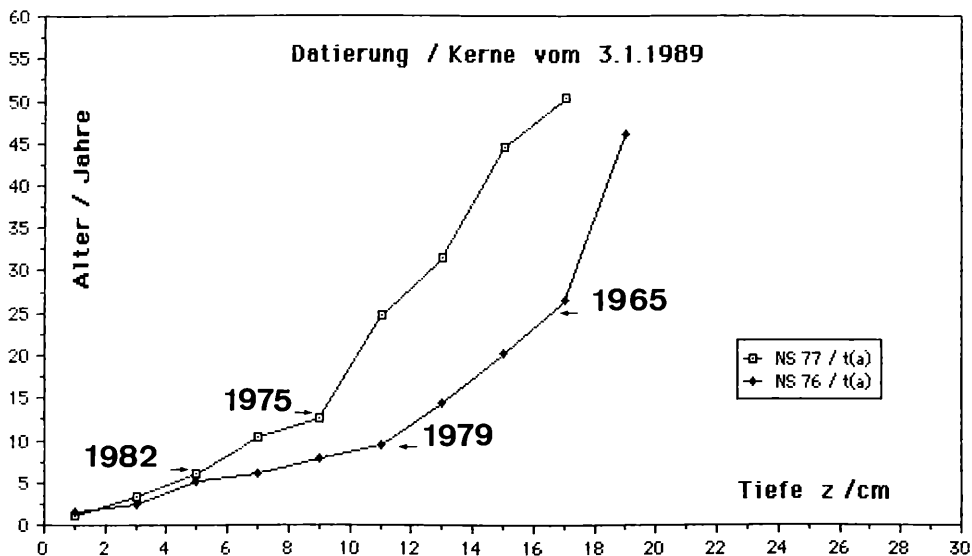


Abb. 3.2.11: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen von der Ganswiese und einer Stelle nahe der Seemühle.

Tab. 3.2: ^{210}Pb -Deposition, Schlammhöhe und Sedimentationsraten im Bereich Wulkamündung (Probenahme: 1988 11 30)

Sammelstelle*)	Kern No	Schlammhöhe (cm)	^{210}Pb -Deposition (kBq/m ²)	Sedimentationsrate (kg/m ² .Jahr)
1a	NS 65	65	5,2	1,6 (2,5)**)
1b	68	35	5,0	2,7
1c	71	35	4,0	1,7
U1	NS 46	40	2,8	0,5
2a	NS 66	70	6,7	4,2
2b	69	30	6,7	2,4
2c	72	25	4,0	2,2
U3	NS 48	61	8,2	3,7
3a	NS 67	65	7,5	3,3
3b	70	55	10,5	3,2
3c	73	30	4,6	2,4
3d	74	15	2,2	1,6
U2	NS 47	38	8,1	3,6 (1,1)
Ganswiese, Seemühle (Probenahme: 1989 01 03)				
S1	NS 75	Ganswiese	5,0	—
S2	76	Ganswiese	5,4	2,4 (2,7)
S3	77	Seemühle	3,1	7,5 (2,6)

*) Lage der Sammelstellen siehe Abb. 3.2.1

***) In Klammer Sedimentationsraten vor 1965

3.3. Schilf/See-Randbereich des Westufers

Zur Untersuchung von Auflandungstendenzen im seeseitigen Schilfrandbereich des Westufers wurden Sedimentkerne aus dem Raum zwischen Mörbisch und Rust (Rust-Süd) sowie nördlich von Rust (Rust-Nord) in Richtung Oggau (Oggau-Süd) bis zu einer Entfernung von 1–2 km vom Ufer gegen die Seemitte hin eingeholt. Zwei weitere Einzelproben wurden anlässlich einer

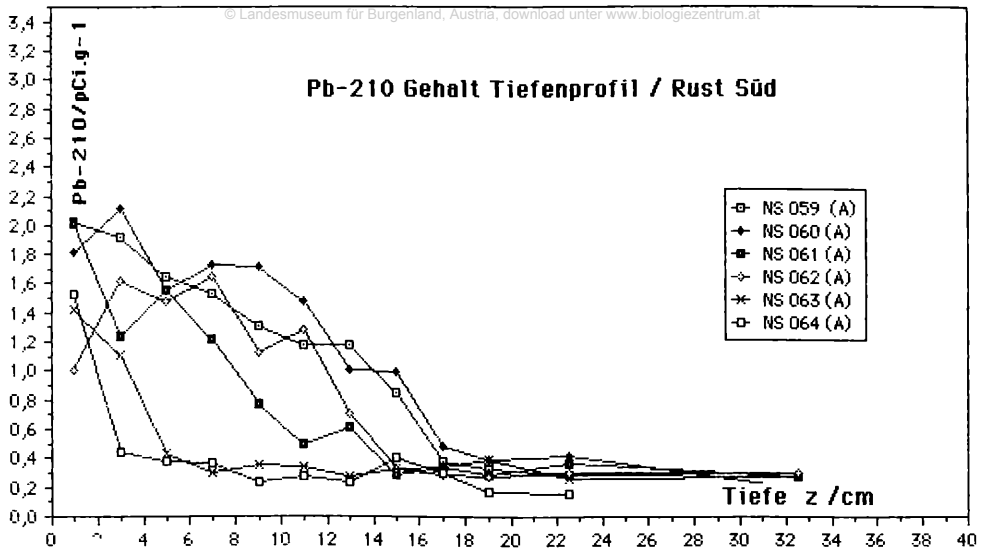


Abb. 3.3.1: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten der seeseitigen Schilfrandzone im Bereich zwischen Mörbisch und Rust in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

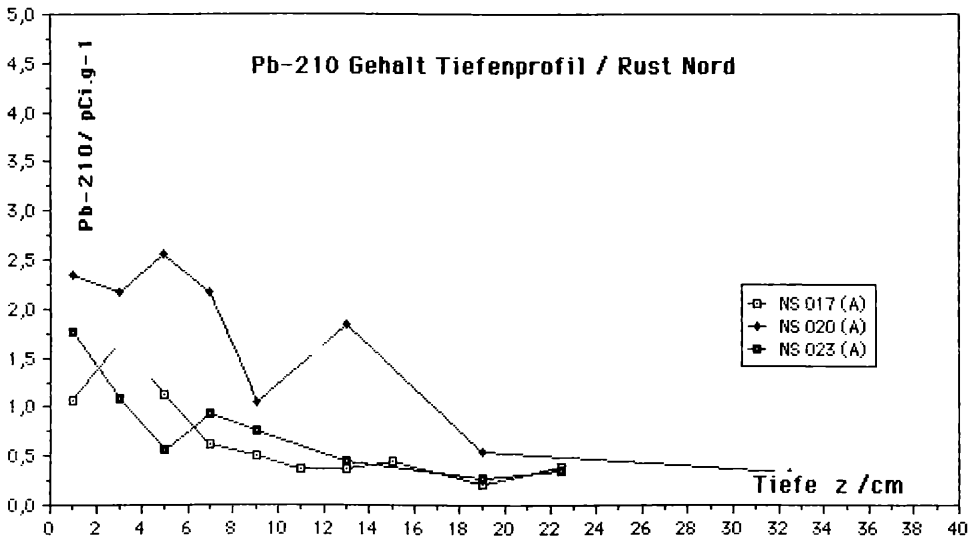


Abb. 3.3.2: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten der seeseitigen Schilfrandzone im Bereich nördlich von Rust (siehe Abb. 3.1.1) in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

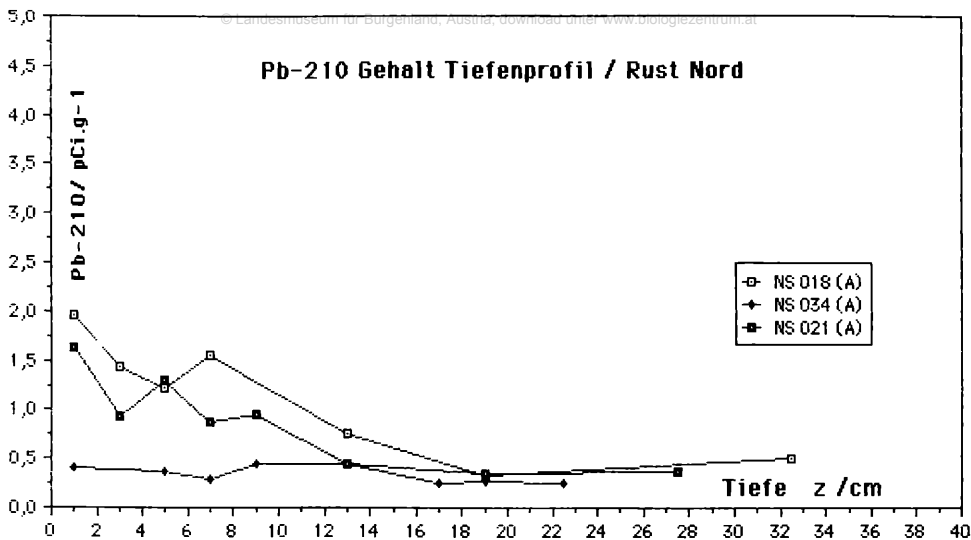


Abb. 3.3.3: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten der seeseitigen Schilfrandzone im Bereich nördlich von Rust in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

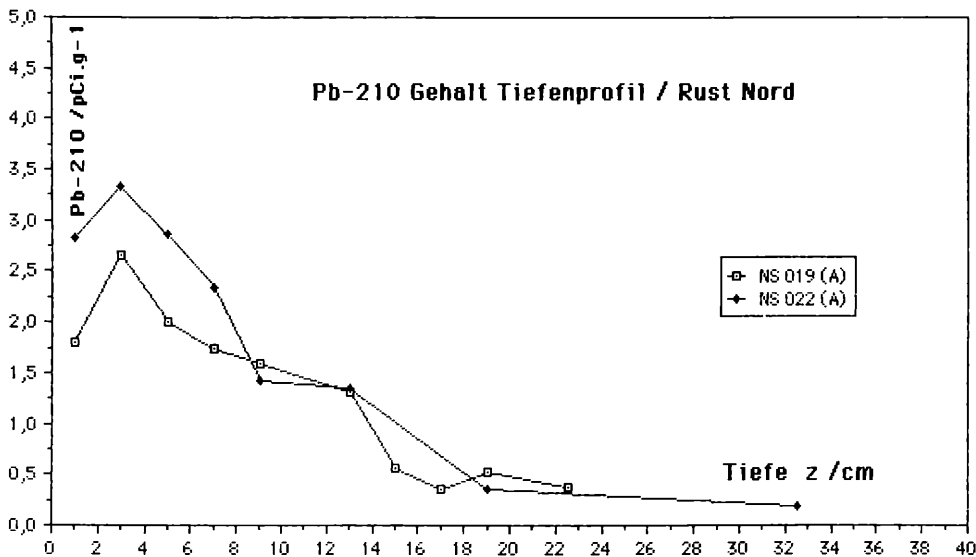


Abb. 3.3.4: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten der seeseitigen Schilfrandzone im Bereich nördlich von Rust in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

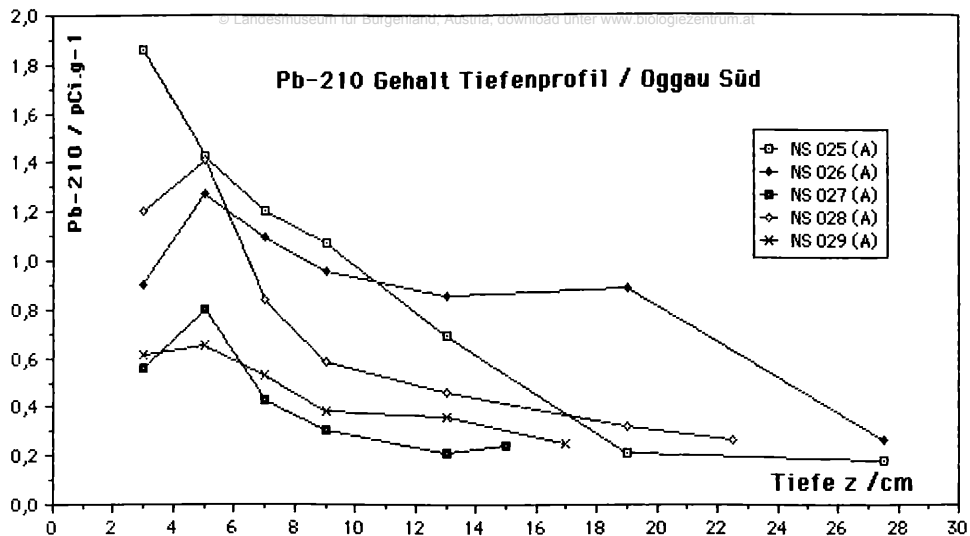


Abb. 3.3.5: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten der seeseitigen Schilfrandzone südlich von Oggau in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

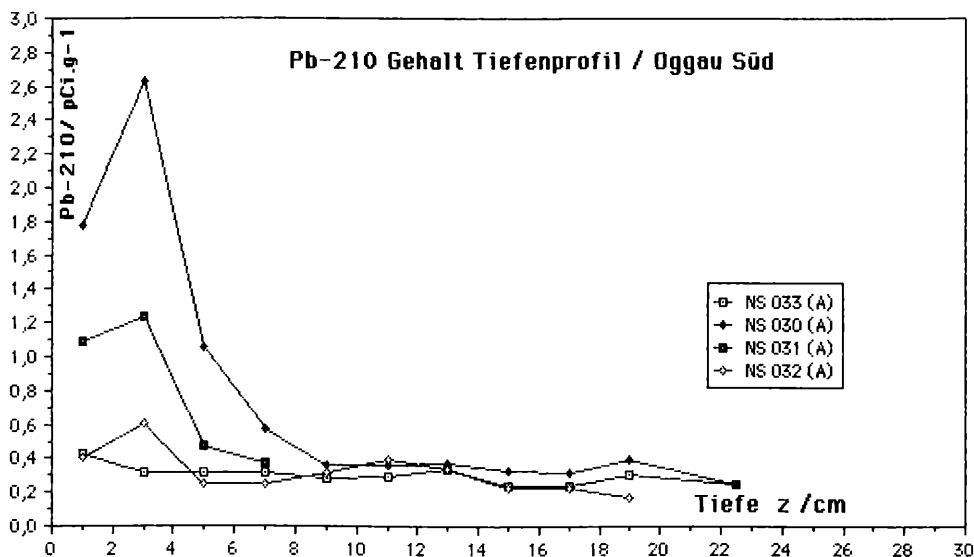


Abb. 3.3.6: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten der seeseitigen Schilfrandzone südlich von Oggau in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

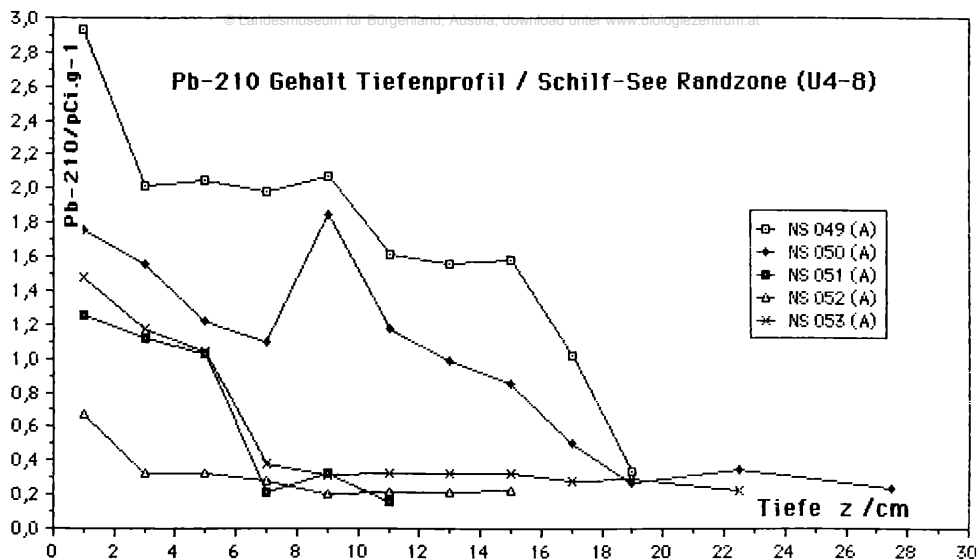


Abb. 3.3.7: Der Gesamtblei-gehalt in Sedimenten der seeseitigen Schilfrandzone aus dem Bereich der Uferlinie zwischen Purbach/Breitenbrunn bis südlich von Rust in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

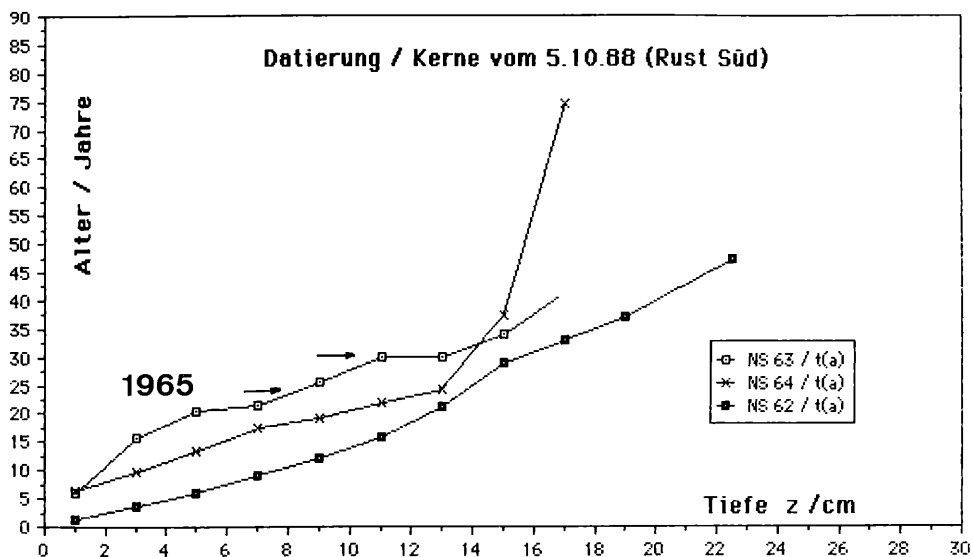


Abb. 3.3.8: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen aus dem seeseitigen Schilfrandbereich südlich von Rust.

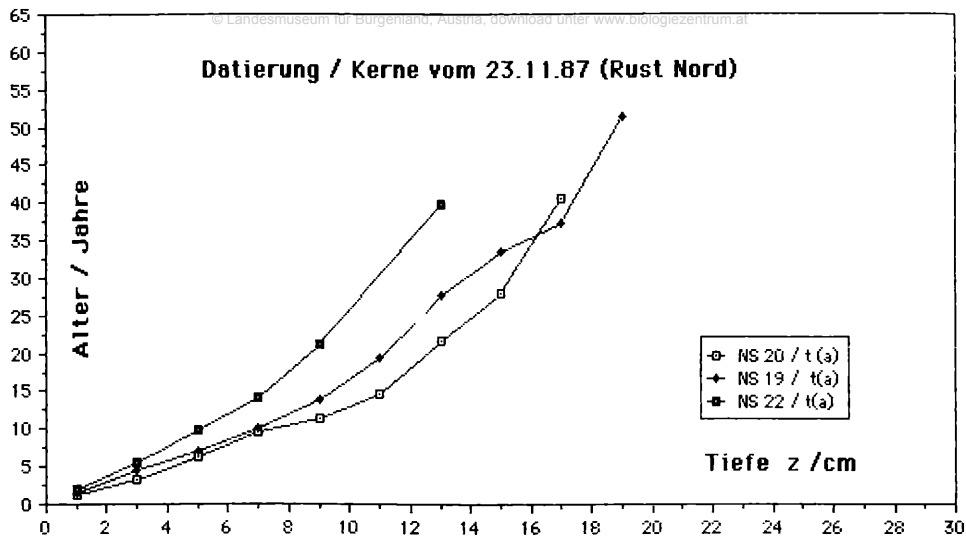


Abb. 3.3.9: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen aus dem seeseitigen Schilfrandbereich nördlich von Rust.

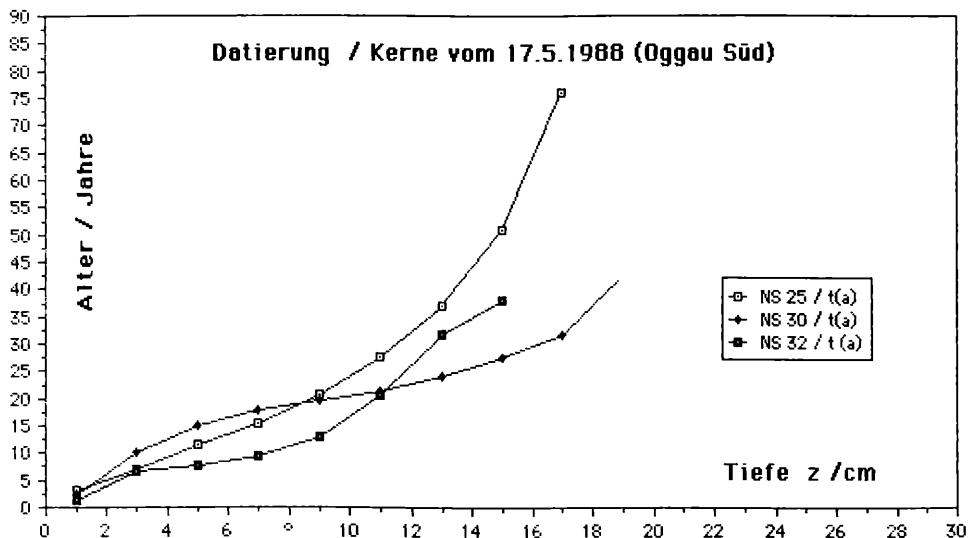


Abb. 3.3.10: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen aus dem seeseitigen Schilfrandbereich südlich von Oggau.

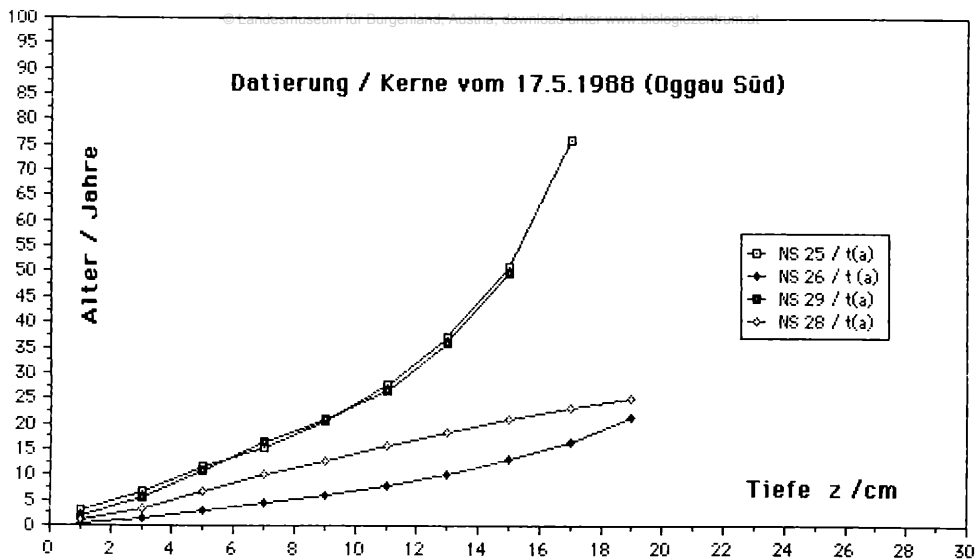


Abb. 3.3.11: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen aus dem seeseitigen Schilfrandbereich südlich von Oggau.

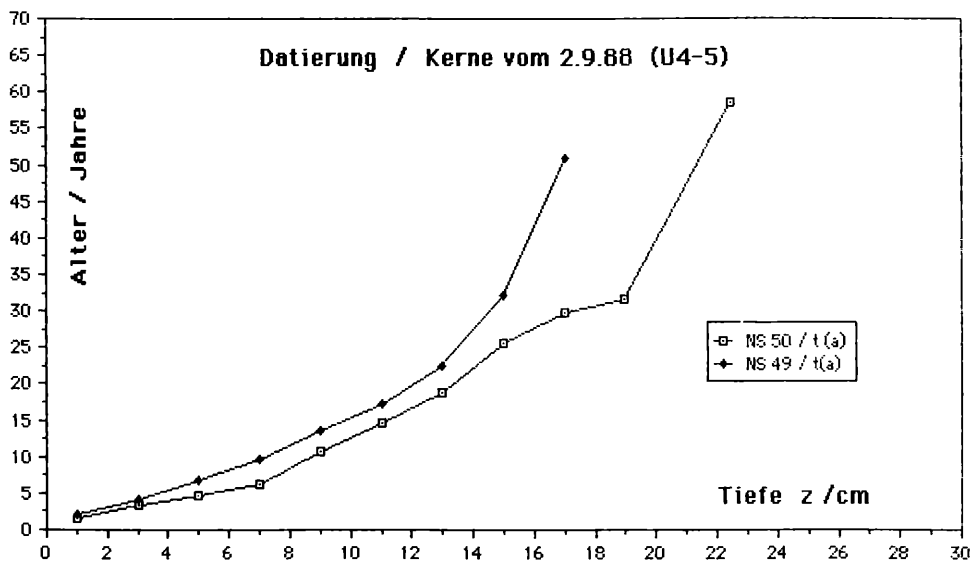


Abb. 3.3.12: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen aus dem seeseitigen Schilfrandbereich im Gebiet zwischen Purbach und Breitenbrunn.

Tab. 3.3: ^{210}Pb -Deposition, Schlammhöhe und Sedimentationsraten im **Bereich der Schilf/See-Randzone**

Sammel- stelle	Kern No	Schlammhöhe (cm)	^{210}Pb -Deposition (kBq/m ²)	Sedimentationsrate (kg/m ² .Jahr)
Rust Süd (Probenahme: 1988 10 05)				
1a	NS 59	50	6,7	2,6
1b	60	60	8,5	2,6
1c	61	55	5,5	2,0
1d	62	70	7,1	2,7
1e	63	60	1,7	2,3
1f	64	40	2,3	2,7
U8	NS 53	86	2,6	—
Rust Nord (Probenahme: 1987 11 23)				
3a	NS 17	45	1,3	—
3c	20	55	4,4	2,8
3e	23	35	1,4	2,7
4a	NS 18	40	2,7	—
4b	34	40	0,4	—
4c	21	35	1,3	—
5a	NS 19	30	3,8	1,6
5c	22	40	5,1	1,6
U7	NS 52	51	1,2	—
Oggau Süd (Probenahme: 1988 05 17)				
1a	NS 25	35	6,0	2,0
1b	26	48	8,5	4,5
1c	27	41	2,2	—
1e	28	45	6,0	3,6
1g	29	47	2,4	2,2
2b	NS 31	20	1,7	—
2c	30	40	6,8	2,9 (9,0)*
2e	32	40	1,4	2,4
2g	33	40	1,5	—
Purbach Nord (Probenahme: 1988 09 02**)				
U4	NS 49	30	7,8	2,0
U5	50	64	6,2	5,4

*) In Klammer Sedimentationsraten vor 1965

***) Probenahme entlang der Uferlinie (U1—U8) siehe dazu Abb. 2

Seebefahrung entlang der Uferlinie (U 1—8) auch aus der nordwestlichen Uferzone im Gebiet von Breitenbrunn und des neuen Purbacher Kanals erhalten (*siehe Abb. 2*). Der ^{210}Pb -Gehalt ist für diese Sedimentkerne in Abhängigkeit von der Schichttiefe in den Abb. 3.3.1 — Abb. 3.3.7 graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der Auswertung dieser Daten gehen aus Tab. 3.3 hervor. Bezüglich der ^{210}Pb -Deposition ist im allgemeinen eine Abnahme von etwa 6—10 kBq/m² in der Nähe des Schilfrandes auf ca. 1 — 2 kBq/m² in 0,5—1 km Entfernung davon zu beobachten. Dabei tritt jedoch in manchen Bereichen eine deutlich wellenförmige Strukturierung der Weichschlammoberfläche ein.

Die Sedimentationsraten liegen im Südteil der Uferzone zwischen 1,6 und 3 kg/m².Jahr, im nördlichen Abschnitt eher zwischen 2 — 5 kg/m².Jahr. Das Alter der Sedimentschichten zeigen die Datierungskurven in Abb. 3.3.8 — Abb. 3.3.12. Neben der markanten Zeitmarke von 1965 ist in manchen Fällen auch eine weitere Änderung des Sedimentationsverlaufes vor rund 30 Jahren festzustellen.

3.4. Bereiche des offenen Sees — Querungen und Seemitte

Zur Erfassung des offenen Sees, insbesondere der Seemitte, wurden 2 Transekte gefahren, eine Querung im Norden von Purbach nach Podersdorf (T I/1—15) und eine weitere auf der Höhe von Oggau (T II/1—17). Zusätzlich konnten Sedimentkerne im Rahmen einer Längsbefahrung von der Mitte des Sees (M 1—5) gewonnen werden. Die betreffenden Probenahmestellen sind der Karte in Abb. 2 zu entnehmen.

Der ^{210}Pb -Gehalt der Sedimentschichten ist für die Nord-Querung in Abb. 3.4.1 eingezeichnet. Der Kurvenverlauf zeigt für die ufernahen Stellen im Westen (NS 82—84) die gleiche charakteristische Erhöhung der ^{210}Pb -Konzentration in der Oberflächenschicht wie in den übrigen Kernen aus dem Bereich der Schilf/See Randzone. Gegen die Mitte des Sees hin nimmt der ^{210}Pb -Gehalt in solchen Oberflächenschichten auf etwa 10—20% ab (Kerne NS 85—89). In der Schilf/See Randzone des Ostufers ist ein neuerlicher Anstieg zu beobachten (NS 91). Die relativ hohen ^{210}Pb -Konzentrationen von 100Bq/kg (2,7 pCi/g) werden allerdings nicht mehr erreicht, die Werte bleiben hier bei nur etwa 35 Bq/kg (0,9 pCi/g). Die Kerne aus der Seemitte weisen auf einen zwar niedrigen aber deutlich über dem Untergrund liegenden Gehalt an Überschußblei hin. Analoge Ergebnisse (*siehe Abb. 3.4.2 — Abb. 3.4.4*) erbrachten die radiochemischen Untersuchungen der von der Querung Oggau und der Längsbefahrung des Sees stammenden Sedimentproben.

Bemerkenswert ist, daß die Kerne aus dem mittleren Bereich des freien Sees einen wesentlich höheren Gehalt an Trockensubstanz (TS), bezogen auf das Sedimentvolumen, aufweisen als die Kerne des Westufers. Diese Werte liegen in der Seemitte um 0,9—1,0 g TS/cm³ (entspricht einem Wassergehalt von 63,5%) und nehmen in der Tiefe des Sedimentkernes ab auf etwa 0,6 g TS/cm³ (entspricht einem Wassergehalt von 77%). In den Oberflächenschichten der beiden Kerne des Ostufers (NS 44 und 45) ist dieser Feststoffgehalt mit 1,5 g TS/cm³ noch höher. Das bedeutet einen wesentlich niedrigeren Wassergehalt von nur 42%. Das spezifische Gewicht beträgt damit 1,9 g/cm³ für die Ufersedimente des Ostrandes und 1,6 g/cm³ für die Sedimente aus dem mittleren Bereich des freien Sees. Im Gegensatz dazu sind die Sedimente des Westufers nur locker gepackt und zeigen bei einem Wassergehalt von 80—90% ein spezifisches Gewicht von nur ca. 1,3 g/cm³. Aus dieser Situation heraus ist ein Verdünnungseffekt hinsichtlich des Überschußbleigehaltes zu erwarten. Bezogen auf die Masse des Trockensedimentes wird dadurch der ^{210}Pb -Gehalt in Sedimenten mit höherer Dichte bei gleicher ^{210}Pb -Zufuhr auf die Oberfläche geringer.

Die Auswertungen der radiochemischen Meßdaten sind in Tab. 3.4 zusammengefaßt. Die integrale ^{210}Pb -Deposition ist im Mittelteil des Sees auffallend niedrig, erreicht aber an einigen Stel-

len dennoch Werte bis zu $1,7\text{--}2,8 \text{ kBq/m}^2$. Soweit Sedimentationsraten bei so geringen ^{210}Pb -Konzentrationen überhaupt bestimmt werden konnten, sind sie in die Tab. 3.4 aufgenommen worden. An einigen Stellen in der Mitte des Sees sind die derzeit jährlich abgelagerten Sedimentmengen relativ hoch. Die Kerne NS 40 und 41 weisen auf Depositionen von $7,0$ bzw. $9,4 \text{ kg/m}^2\cdot\text{Jahr}$ hin.

Die beiden Kerne NS 44 und 45, die ebenfalls von der Querung Oggau stammen, wobei jedoch bereits der Schilf/See Rand des Ostufers erreicht worden war, zeigen Sedimentationsraten von 8 bzw. $16 \text{ kg/m}^2\cdot\text{Jahr}$. Wie aus den Altersbestimmungen ersichtlich ist, die in den Abb. 3.4.5 — Abb. 3.4.9 dargestellt sind, bleibt die Auflandung trotz der hohen Sedimentationsraten infolge des erhöhten Feststoffanteils auch nur im Bereich von $5\text{--}10 \text{ mm/Jahr}$ und ist damit den üblichen Werten des Westufers vergleichbar. Drastische Änderungen der Sedimentationsraten sind wieder um das Jahr 1965 zu beobachten. Aus den Kernen von der Seemitte (NS 40, 41, 58) läßt sich ein zusätzliches Ereignis um etwa 1980 ablesen, das einschneidende Veränderungen des Sedimentationsverlaufes mit sich brachte. Dieses Ereignis ist insbesondere anhand des Kerns NS 91 am Ostufer zu sehen. An dieser Stelle wächst die Sedimentschicht seither jährlich um etwa 8 mm , zuvor waren es nur ca. 2 mm/Jahr .

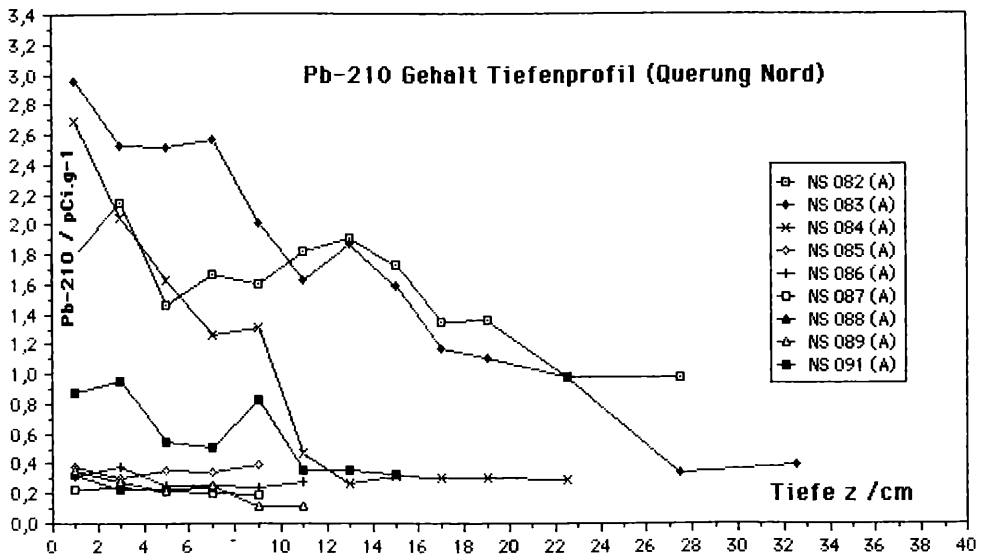


Abb. 3.4.1: Der Gesamtleigehalt in Sedimenten aus dem Bereich des offenen Sees in Abhängigkeit von der Schichttiefe. Probenahme: Querung Nord (Purbach — Podersdorf) siehe Abb. 2.

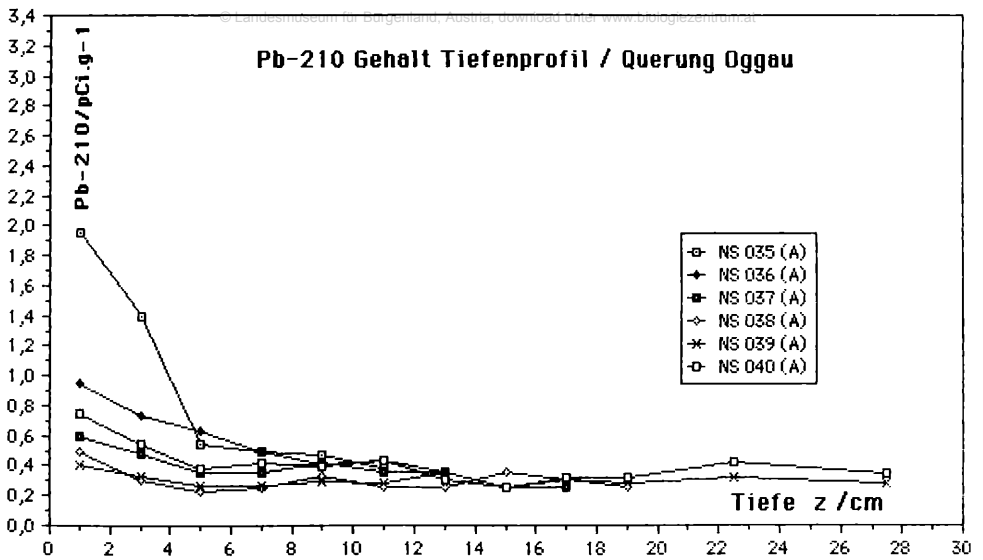


Abb. 3.4.2: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus dem Bereich des offenen Sees in Abhängigkeit von der Schichttiefe. Probenahme: Querung Oggau.

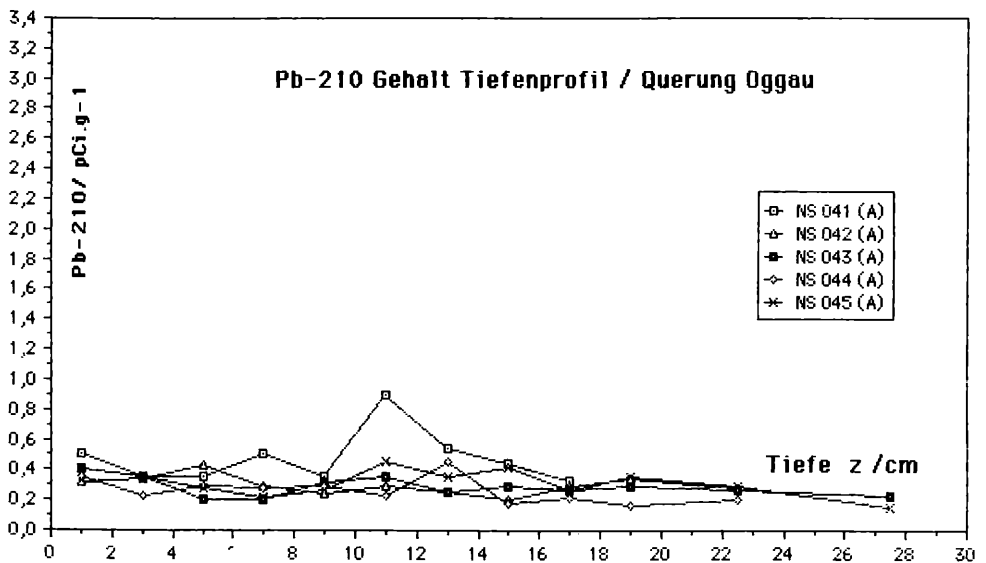


Abb. 3.4.3: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus dem Bereich des offenen Sees in Abhängigkeit von der Schichttiefe. Probenahme: Querung Oggau (Fortsetzung zum Ostufer).

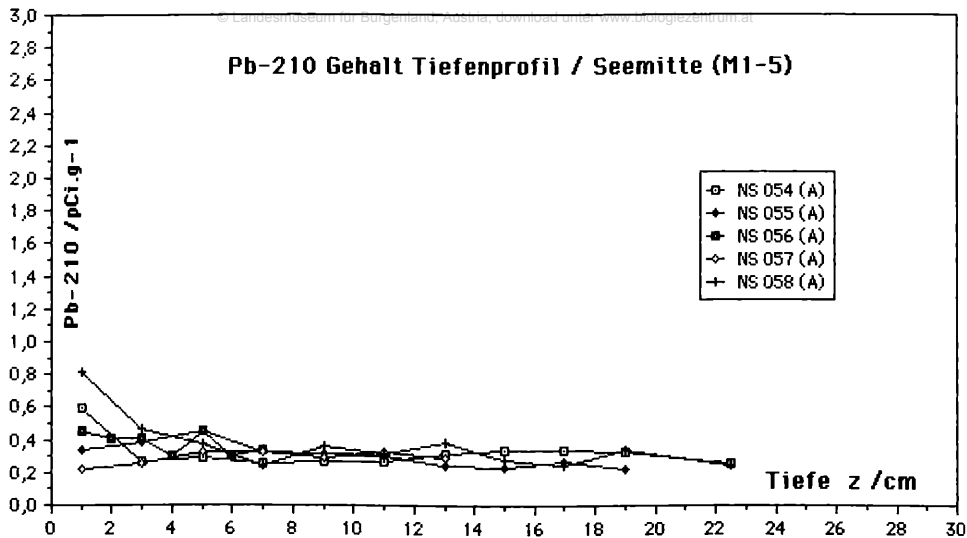


Abb. 3.4.4: Der Gesamtbleigehalt in Sedimenten aus dem Bereich der Mitte des offenen Sees in Abhängigkeit von der Schichttiefe.

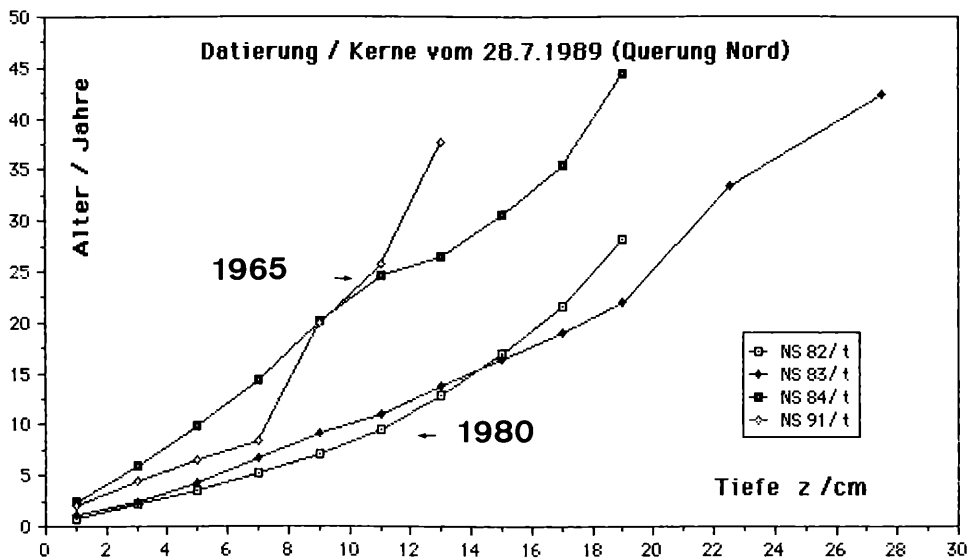


Abb.3.4.5: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen der Seequerung Nord. Proben NS 82—84 aus dem Bereich des Westufers, NS 91 aus dem Nahbereich des Ostufers (siehe Abb. 2).

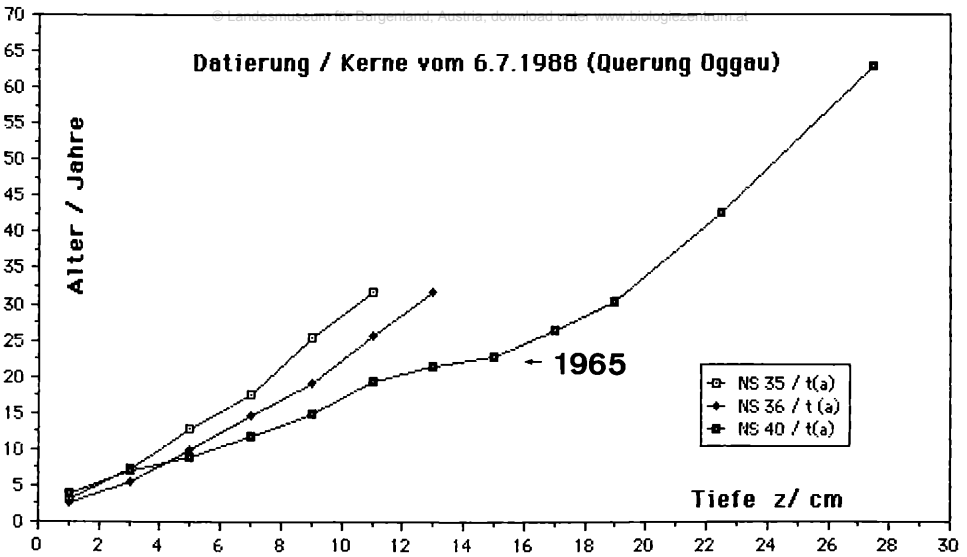


Abb. 3.4.6: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen der Seequerung in Höhe Oggau. Proben NS 35 und 36 aus dem Bereich des Westufers, NS 40 von der Seemitte.

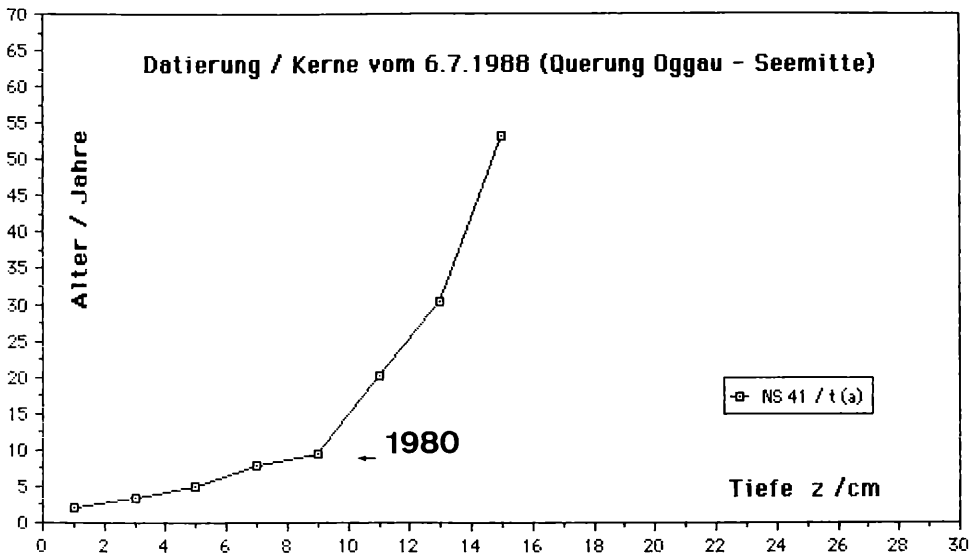


Abb. 3.4.7: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen der Seequerung in Höhe Oggau. Probe NS 41 aus der Mitte des offenen Sees.

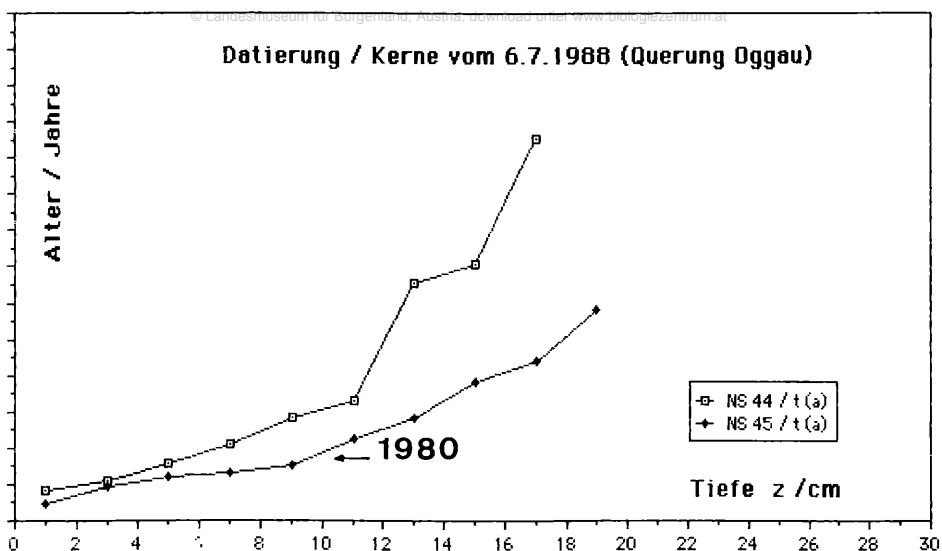


Abb. 3.4.8: Altersbestimmung von Sedimentschichten an Kernen der Seequerung in Höhe Oggau. NS 44 und 45 aus dem Nahbereich des Ostufers.

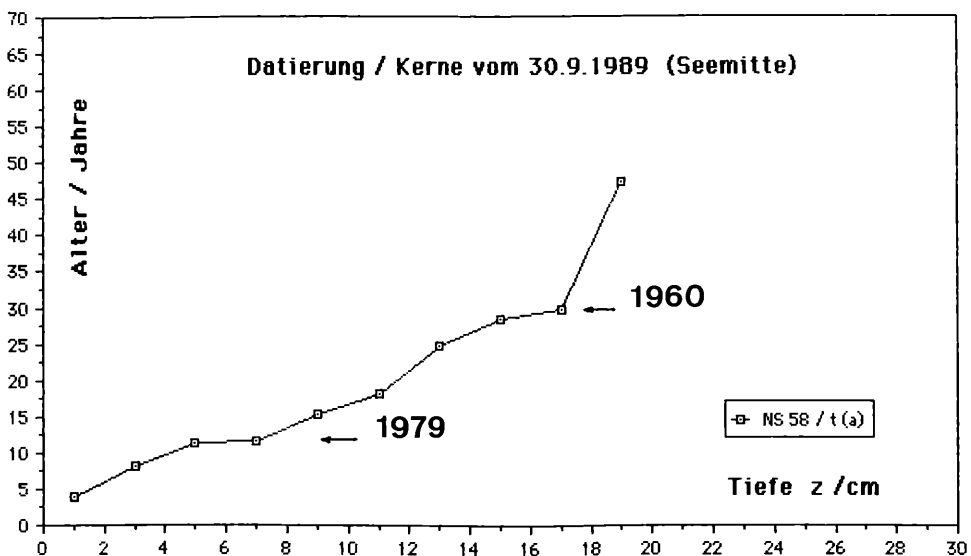


Abb. 3.4.9: Die Altersbestimmung von Sedimentschichten an einem Kern aus der Mitte des offenen Sees. NS 58 stammt von der Position M 5 (siehe Abb. 2).

Tab. 3.4: ^{210}Pb -Deposition, Schlammhöhe und Sedimentationsraten im **Bereich des offenen Sees**

Sammelstelle*)	Kern No	Schlammhöhe (cm)	^{210}Pb -Deposition (kBq/m ²)	Sedimentationsrate (kg/m ² .Jahr)
Querung Nord (Purbach — Podersdorf) (Probenahme: 1989 07 28)				
T I/1	NS 82	55	11,2	4,7 (1,7)**)
2	83	50	12,5	3,4 (1,7)
3	84	35	5,7	1,9 (4,5)
6	85	15	1,1	—
7	86	20	0,6	—
11	87	10	≤0,3	—
12	88	10	0,4	—
13	89	15	0,4	—
14	90	15	0,6	—
15	91	20	3,8	4,8 (2,7)
Querung Oggau (Probenahme: 1988 07 06)				
TII/2	NS 35	28	2,2	1,4 (4,5)
6	36	32	1,4	1,7 (3,4)
7	37	38	1,2	—
8	38	36	0,7	—
9	39	42	1,0	—
10	40	41	1,7	7,0
11	41	38	2,8	9,4 (1,0)
12	42	50	1,3	—
14	43	42	0,8	—
16	44	26	1,7	8,0 (1,7)
17	45	35	3,3	16,0 (4,5)
U6	NS 51	44	2,0	—
Seemitte (Probenahme: 1988 09 30)				
M/1	NS 54	66	1,3	(Grenzpunkt BO)
2	55	72	1,0	—
3	56	55	1,4	—
4	57	67	1,2	—
5	58	35	1,7	—

*) Probenahmestellen siehe Abb. 2

***) In Klammer Sedimentationsraten vor 1965

4.1. Zusammenhang zwischen Weichschlammhöhe und ^{210}Pb -Deposition

Da bei der Sedimentprobenahme zusätzlich die jeweiligen Weichschlammhöhen gemessen wurden, konnte versucht werden, eine Korrelation zwischen der Gesamt- ^{210}Pb -Deposition und der Schlammhöhe herzustellen. Dabei zeigte sich, daß eine Korrelationsuntersuchung der gesamten Meßwerte nur sehr schlechte Ergebnisse liefert. Für die Gesamtgruppe liegt der Korrelationskoeffizient (R) bei $R=0,56$. Deutlich besser wird dieser Zusammenhang darstellbar, wenn man die Daten aus den Bereichen der freien Seefläche, also von den Kernen der Seequerungen und von der Seemitte (Q) und der seeseitigen Schilfrandzone (U) sowie der Bucht (B) nördlich von Rust getrennt betrachtet. Diesbezügliche Korrelationsgeraden sind in Abb. 4.1 eingetragen. Im Bereich der Bucht, wo die Schlammhöhe 80—90 cm erreicht und die ^{210}Pb -Deposition bis 28 kBq/m^2 ansteigt, ergibt sich ein Wert von $R=0,86$ (bei $n=13$ Kernen). In der seeseitigen Schilfrandzone ist $R=0,45$ ($n=50$), im Bereich des offenen Sees $R=0,46$ ($n=23$). Aus dem Verlauf der Korrelationsgeraden zeigt sich, daß im Uferbereich und insbesondere in der Bucht ein relativ steiler Anstieg dieser Geraden festzustellen ist. Im Gebiet des freien Sees hingegen bleibt die an sich geringe ^{210}Pb -Deposition praktisch unabhängig von der Schlammhöhe. Das kann als ein deutlicher Hinweis auf Erosionserscheinungen in der Seewanne angesehen werden. Solche Erosionen führen einerseits direkt zum Abtransport von frisch abgelagertem ^{210}Pb , so daß ein großer Teil der jährlich mit dem Niederschlag zugeführten ^{210}Pb -Aktivität gar nicht an dieser Stelle verbleibt, oder aber dazu, daß an jenen Stellen, wo Sedimentablagerung stattfindet, die ^{210}Pb -Deposition ständig durch erodiertes Material aus nahegelegenen Erosionszonen verdünnt wird. Das heißt, daß grundsätzlich zwar ein Zusammenhang zwischen der Ablagerung des radioaktiven Überschubbleis ^{210}Pb und der Schlammhöhe gegeben ist, daß aber aus den ^{210}Pb -Depositionswerten nur in der Schilf/See Randzone, wo starke Auflandungen jüngerer Sedimente zu beobachten sind, auf die Schlammhöhe geschlossen werden kann.

4.2 Die Erosion der Seewanne

Die Ergebnisse der ^{210}Pb -Depositionsmessungen im Bereich der Seemitte, aber auch an Stellen der entfernteren Uferzone (siehe dazu Tab. 3.3 und Tab. 3.4) zeigen zum Teil nur geringe Flächendepositionen $\leq 0,3 - 0,7 \text{ kBq/m}^2$. Schätzt man aus einer jährlichen ^{210}Pb -Aktivitätszufuhr mit den Niederschlägen eine Gleichgewichtsablagerung ab, so könnte dieser Wert für den Neusiedler See bei etwa $1,6 - 2,1 \text{ kBq/m}^2$ liegen. Berücksichtigt man eine gewisse Eindringtiefe in die Oberflächenschicht des Sedimentes — Messungen des $^{137,134}\text{Cs}$ -Profiles an einem Kern südlich von Rust ergaben, unabhängig von der Sedimentationsrate, die an dieser Stelle nur etwa 3 mm/Jahr beträgt, bereits 1 Jahr nach dem Kontaminationsereignis (Unfallfolgen von Tschernobyl, Anfang Mai 1986) eine Eindringtiefe bis zu 2 cm — so muß auch bei einer Erosion von weniger als 20 mm/Jahr mit einer geringfügigen ^{210}Pb -Ablagerung gerechnet werden. Die Grenze zwischen Sedimentation und Erosion könnte, wie auch aus den Korrelationsrechnungen bei Extrapolation auf eine Schlammhöhe von $h=0$ (siehe Abb. 4.1) hervorgeht, bei einer ^{210}Pb -Deposition von $0,75 \pm 0,10 \text{ kBq/m}^2$ liegen. Alle Bereiche des Sees, die darunterliegende Werte aufweisen, wären demnach als Erosionszonen anzusehen.

Vergleicht man diese Aussagen, die aufgrund einfacher Abschätzungen aus den Meßdaten gemacht werden können, mit den Ergebnissen der Seevermessungen von KOPF (1963) und CSA-PLOVICS (1982) so zeigt sich, daß rund 10% der freien Seefläche während eines Zeitraumes von

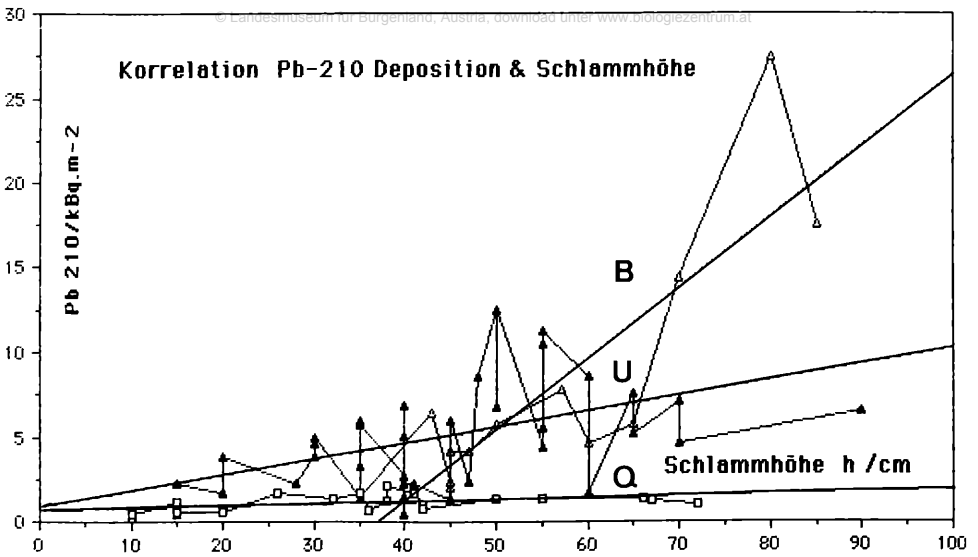


Abb. 4.1: Korrelationsanalyse über den Zusammenhang zwischen der Weichschlammhöhe (h) und der Überschussbleideposition (y).

Für die Bereiche: Bucht (B: —△—)	$y = -15,5 + 0,42 \cdot h$ (R=0,86)
Seeseitiger Schilfrand (U: —▲—)	$y = 0,85 + 0,094 \cdot h$ (R=0,45)
Bereiche der Seemitte (Q: —□—)	$y = 0,65 + 0,012 \cdot h$ (R=0,46)

ca. 20 Jahren deutlich erodiert sein mußten, während etwa ein doppelt so großer Bereich des Sees seither aufgefüllt wurde (*siehe Abb. 4.2*). Dadurch hat sich die Lage der 114,0 m Schichtenlinie für die Oberfläche des Weichschlammes innerhalb des freien Seebereichs merklich verändert.

Eine Vorstellung über die Größenordnung von jenen Feststoffmengen, die infolge von lokalen Erosionsvorgängen in Teilbereichen des Sees umgelagert werden können, soll folgendes Beispiel geben: Unter Annahme einer Erosionszone von nur 10% der freien Seefläche (15 km²) — wie aus Abb. 4.2. hervorgeht, entspricht das ungefähr dem seit 1963 neu erodierten Gebiet — resultiert bei einer Erosionsrate von 5 mm/Jahr und einer Dichte von 1,6 t/m³ eine erodierte Sedimentmasse von 120 000 t/Jahr. Vergleicht man diese Masse mit dem gesamten Eintrag von Feststoffen über die Oberflächengewässer (14 500 t/Jahr; STALZER und SPATZIERER, 1987) so zeigt sich, das letztere insgesamt nur einen geringen Beitrag zur Auflandung in Teilen des offenen Sees liefern können. Zudem ist noch zu berücksichtigen, daß jene Oberflächengewässer, insbesondere die Wulka, welche breitflächig in den vorgelagerten Schilfgürtel eintreten, bereits im landseitigen Schilfbereich fast vollständig von ihren Feststoffen befreit werden. Damit im Einklang stehen auch die Ergebnisse der Untersuchungen an den Sedimentproben von der Ganswiese und der Seemühle. An diesen Stellen wird Material mit hoher Dichte abgelagert, das vorwiegend auf Abschwemmungen aus dem Einzugsgebiet bei Starkregen- und Hochwasserereignissen zurückgeführt werden kann. Die Datierungskurven (*siehe Abb. 3.2.II*) zeigen dabei deutliche Änderungen der Sedimentationsraten, die auf derartige Ereignisse mit entsprechenden Ablagerungen in den Jahren 1965, 1975/76 und 1979 hinweisen. Feststoffe von Oberflächengewässern bedingen daher im wesentlichen nur eine Auflandung im landseitigen Schilfbereich. Anlandungen im see-seitigen Schilfbereich treten vor allem durch die Feststoffentlastung des Seewassers bei Windereignissen auf, wodurch es längerfristig zu einer Wallbildung am Schilfrand kommt. Es handelt sich dabei vorwiegend um Feststoffe geringerer Dichte und höheren ²¹⁰Pb-Gehaltes. Diese Feststoffe könnten bereits vor vielen Jahren erodiert worden sein und als Feinanteil in Form fester Schweb-

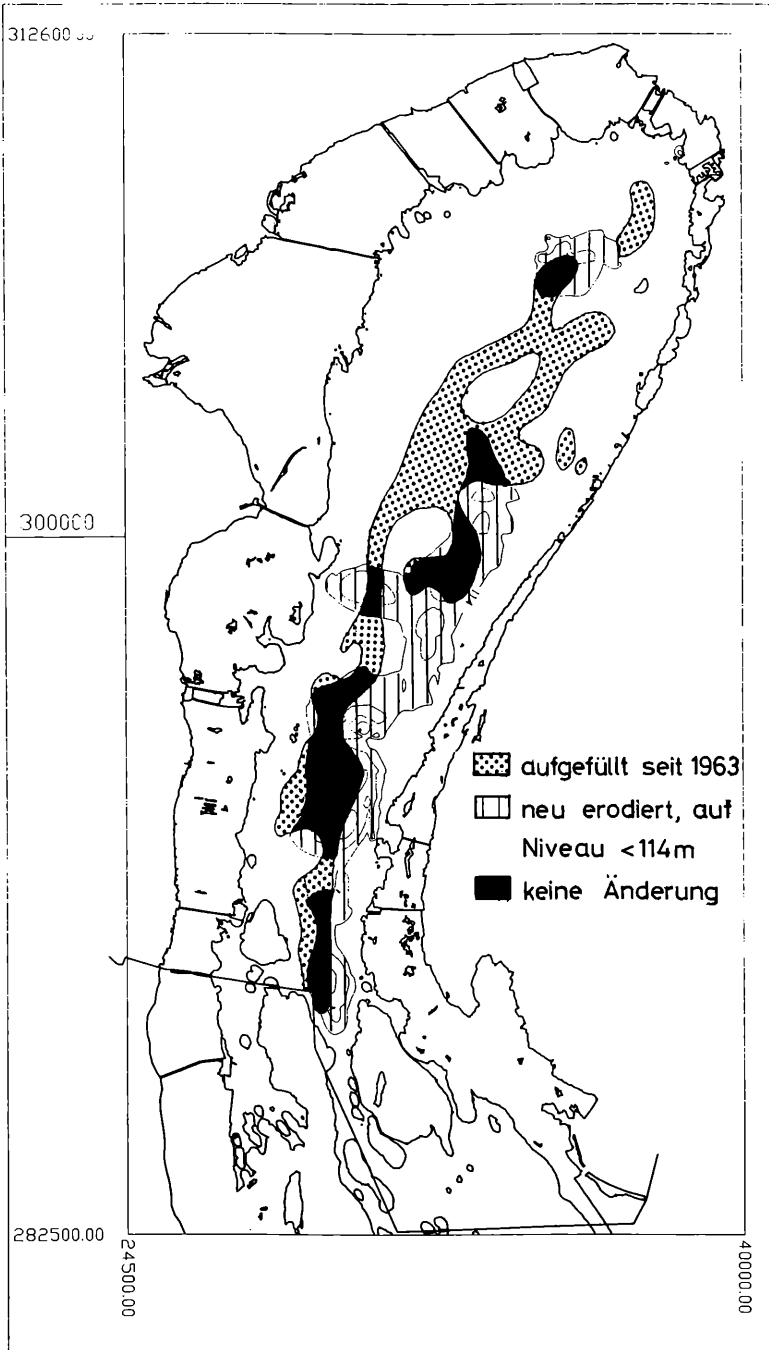


Abb. 4.2: Karte der Seewanne mit Veränderung der Konturlinie tiefer 114,00 m, Kartengrundlage aus CSAPLOVICS (1982).

stoffe seither einer ständigen ^{210}Pb -Zufuhr über die Niederschläge auf die freie Seefläche ausgesetzt sein. Besonders hohe Ablagerungen sind dann strömungsbedingt in Buchten und unmittelbar am seeseitigen Schilfrand zu erwarten.

4.3. Die Sedimentationsgeschichte des Sees und Abschätzungen über längerfristige Verlandungstendenzen

Die im Rahmen dieser Untersuchungen gefundenen Sedimentationsraten liegen in der Nähe des westlichen Schilf/See-Randes im allgemeinen bei 2—3 kg/m².Jahr. In einer Bucht nördlich von Rust sowie am seeseitigen Schilfrand des Nordwestufers sind an manchen Stellen auch höhere Sedimentationsraten bis zu 5 kg/m².Jahr festzustellen. Deutlich differenziert ergibt sich die Situation im Bereich der Wulkamündung, wo unmittelbar in der Verlängerung des Wulkadamms nur geringe Sedimentationsraten von 0,5—1,6 kg/m².Jahr zu beobachten waren. Nördlich und südlich davon traten 3—4 kg/m².Jahr im Randbereich und 1,6—2,2 kg/m².Jahr zum offenen See hin auf. Außergewöhnliche Ablagerungen, die auf einen Eintrag von Feststoffen aus der Wulka hinweisen würden, konnten nicht festgestellt werden.

Auf die hohen Sedimentationsraten an einigen Stellen in der Mitte des Sees und am Schilf/See Rand des Ostufers wurde bereits hingewiesen. Praktisch alle Kerne, bei denen eine Altersdatierung vorgenommen werden konnte, zeigten ein markantes Ereignis etwa um das Jahr 1965 (Hochwasser und Hebung des Seespiegels um einen halben Meter). Diese einschneidende Änderung in den Sedimentationsraten, die durch die Schleusenregelung des Einserkanals verursacht wurde, verlief in verschiedenen Teilen des Sees ganz unterschiedlich. Betrachtet man beispielsweise die Bereiche mit höheren Sedimentationsraten, so waren vor dem Jahr 1965 hier vor allem verschiedene Stellen im Schilf/See-Randbereich des Westufers südlich von Rust und bei Oggau zu nennen, nach 1965 dagegen Stellen am Ausgang der Bucht nördlich von Rust, bei Purbach und vor allem gegen das Ostufer hin bei Podersdorf.

Zusätzlich ist es um 1978/80 im Bereich des Ostufers und in der Seemitte zu einem starken Ansteigen der Sedimentationsrate gekommen.

Etwa auf der Höhe von Oggau sind neben einigen Erosionszonen vor allem im Bereich der unter 114,0 m liegenden Seefläche zur Zeit starke Ablagerungen von Sedimenten zu beobachten, die dazu führen müssen, daß die unter der 114,0 m Linie liegende Fläche zur Seemitte hin wieder schmaler werden wird. Hier müssen Sedimentationsraten von derzeit 7 — 14 mm/Jahr, die aus dem Verlauf der letzten 10 Jahre (*siehe Abb. 3.3.11*) abgeleitet werden können, dazu führen, daß die Weichschlammhöhe im Verlaufe der nächsten 5 bis 10 Jahre um ca. 10 cm ansteigt. Eine generelle längerfristige Prognose über die Anlandung von Sedimenten erscheint aber kaum möglich. Im See wird sich stets eine Art Gleichgewichtszustand zwischen Erosions- und Sedimentationsbereichen einstellen, der im wesentlichen durch den Wasserstand bestimmt wird. Der massive Eingriff der Seespiegelanhebung im Jahr 1965 hat dabei sicherlich dazu geführt, daß jene Bereiche, in denen vorher überwiegend erodiert wurde, verlagert wurden. Andererseits haben sich auch die Sedimentationszonen verändert, wie aus den Änderungen der Sedimentationsraten geschlossen werden kann. Dadurch werden letztlich wahrscheinlich vor allem Unebenheiten in der Seewanne insbesondere der Weichschlammoberfläche in Abhängigkeit von den lokalen Strömungsverhältnissen längerfristig ausgeglichen werden.

Mit Hilfe der Radioblei-Methode konnte unter Verwendung eines speziellen Auswerteverfahrens (C.R.S.-Modell) eine Bestimmung zeitlich variabler Sedimentationsraten durch die Datierung von Sedimentschichten vorgenommen werden. Anhand von 86 Sedimentkernen, die von verschiedenen Stellen des Neusiedler Sees, insbesondere von der seeseitigen Schilfrandzone stammten, zeigt sich, daß die Sedimentationsverhältnisse im gesamten Seebereich sehr wesentlich durch den jeweiligen Wasserstand des Sees beeinflusst werden.

Drastische Veränderungen hinsichtlich der Sedimentationsrate sind praktisch für den gesamten See etwa um 1965 zu beobachten und hängen offenbar mit der damals durchgeführten Seespiegelanhebung auf das 115,6 m Niveau zusammen. Im Bereich der Ganswiese, in der Mitte des freien Sees und gegen das Ostufer hin sind Schwankungen der Sedimentationsrate festzustellen, die auf Starkregen- und Hochwasserereignisse, beispielsweise in den Jahren 1975, 1979 und 1982, zurückgeführt werden können. An einer Stelle am Ausgang der Bucht nördlich von Rust hingegen ist auch der Einfluß eines Niedrigwasserstandes (1933) zu bemerken. Zu diesem Zeitpunkt haben sich 30 — 40 mm/Jahr abgelagert. Üblicherweise liegen die Sedimentationsraten bei 2 — 5 kg/m².Jahr, wobei am seeseitigen Schilfrand des Westufers durch die locker gepackten Sedimente geringer Dichte ($\leq 1,3 \text{ g/cm}^3$) Auflandungen von 5 — 20 mm/Jahr zu finden sind. Gegen die Mitte des freien Sees und gegen das Ostufer hin sind Sedimentationsraten bis zu 7 bzw. 16 kg/m².Jahr festzustellen. Infolge der höheren Dichte (1,6—1,9 g/cm³) verursachen diese Ablagerungen aber auch nur eine Erhöhung der Weichschlammoberfläche von etwa 5 — 10 mm/Jahr.

Eine Korrelationsanalyse zeigt, daß im Bereich der Schilf/See Randzone des Westufers vorallem in der Bucht nördlich von Rust ein Zusammenhang zwischen der Gesamtdeposition an Überschubblei (²¹⁰Pb) und der Weichschlammhöhe gegeben ist. Im Bereich der Mitte des offenen Sees bleibt die Weichschlammhöhe unabhängig von der ²¹⁰Pb-Deposition.

Aufgrund der stellenweise nur geringen ²¹⁰Pb-Ablagerung ($\leq 0,7 \text{ kBq/m}^2$) kann auf lokale Bereiche der freien Seefläche mit starker Erosion geschlossen werden. Die dabei freigesetzten Sedimentmengen, Schätzungen ergeben etwa 120 000 t/Jahr, liegen weit höher als die mit den Oberflächengewässern, insbesondere mit der Wulka, eingebrachten Feststoffe, die im wesentlichen bereits im landseitigen Teil des Schilfgürtels abgesetzt werden. Die Untersuchungen von Kernen aus dem Gebiet der Wulkamündung belegen, daß hier keine merkbaren zusätzlichen Sedimentablagerungen auftreten. Die Anlandungen am Schilf/See Rand sind auch in diesem Bereich des Westufers hauptsächlich von den Strömungsverhältnissen im See abhängig. Die vorliegenden Meßergebnisse weisen in erster Linie auf Umlagerungen von Sedimentmaterial aus Teilbereichen des offenen Sees hin, wobei Erosions- und Sedimentationsgebiete im Verlaufe der Zeit wechseln können. Die entscheidende Rolle spielt dabei der Wasserstand des Sees.

Literaturhinweise

APPLEBY P.G., OLDFIELD, F. (1978): The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported ²¹⁰Pb to the sediment. *Catena*, 5, 1—8.

CSAPLOVICS, E. (1989): Die geodätische Aufnahme des Bodens des Neusiedler Sees. Burgenländisches Landesmuseum, Wissenschaftl. Arbeiten aus dem Burgenland, Bd. 84, Eisenstadt 1989.

EAKINS, J.D., MORRISON, R.T. (1978): A new Procedure for the Determination of Lead-210 in Lake and Marine Sediments. *Intern. Journ. of Appl. Rad. & Isotop.* 29, 285.

FRANCIS, C.W., BRINKLEY, G.S. (1976): *Nature (London)* 260, 511.

GOLDBERG, E.D. (1963): *Geochronology with Lead-210*. IAEA, STI / PUB / 68, p.121 (Vienna)

- IRLWECK, K., HEDRICH, E. (1983): Möglichkeiten der Datierung von Seesedimenten durch Bestimmung des Polonium-210(Blei-210) Gehaltes. 8. Neusiedler See Tagung, Illmitz, 1982. Biologisches Forschungsinstitut Burgenland, BFI Ber. Nr. 47, 65—75.
- JUNGWIRTH, M. (1978): Ein Beitrag zur Beziehung Strömung — Sedimentbeschaffenheit — Bodenfauna des Neusiedler Sees. Biol. Forsch. Inst. Bgld. — Ber. 29, 52 — 59.
- KOPF, F. (1964): Höhenaufnahme des Neusiedler Sees. Gutachten, unveröffentlicht.
- KOPF, F. (1966): Strömungsmessungen im Neusiedler See (Österr. Teil). Gutachten, unveröffentlicht.
- KOPF, F. (1967): Die Rettung des Neusiedler Sees. Österr. Wasserwirtschaft, 19. Jg., H. 7/8, 139—151.
- KRISHNASWAMY, S., LAL, D., MARTIN, J.M., MEYBECK, M. (1971): Geochronology of Lake Sediments. Earth and Planetary Science Letters **11**, 407.
- LÖFFLER, H. (1974): Der Neusiedler See — Naturgeschichte eines Steppensees. Molden-Verlag, Wien—München—Zürich.
- SCHELL, W.R., NEVISSI, A. (1983): Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology. IAEA, Techn. Rep. Ser. No 91, p.163 (Vienna).
- STALZER, W., SPATZIERER, G. (1987): Zusammenhang zwischen Feststoff- und Nährstoffbelastung des Neusiedler Sees. AGN-Forschungsbericht 1985/86; S. 63.
- UNSCEAR (1977): United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations (New York).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [082](#)

Autor(en)/Author(s): Irlweck Karl, Netrwal Christian, Khademi Badri, Spatzierer Gerhard, Feurer Kurt

Artikel/Article: [Ermittlung des Fortschrittes der längerfristigen Seeeverlandung des Neusiedler Sees durch Bestimmung der Sedimentationsraten mittels Radiochemischer Methoden. 179-219](#)