

# Für das Moorbادهwesen bedeutsame Unterschiede zwischen Hochmoor- und Niedermoor-Badetorfen\*

Eine Diskussion der für Aufbereitungstechnik, Wirtschaftlichkeit und Therapie bedeutsamen stofflichen Einflußgrößen und Zusammenhänge im Moorbادهwesen

Dr. rer. nat. Dipl.-Chem. Werner Naucke, Bad Nenndorf

Zahlreiche mittel- und osteuropäische Bade- und Kurorte bieten besonders gegen gewisse rheumatische und gynäkologische Erkrankungen Moorbäder und Moorpackungen an, die man aus Badetorfen herstellt. Aus ihren Lagerstätten, den Mooren, gewinnt man dunkelbraune bis schwarze Badetorfe, die sich zur Herstellung der wässrigen Aufschlämmungen und Pasten eignen, die wegen ihrer günstigen physikalischen Eigenschaften eine gleichmäßige und schonende Übertragung von Wärme auf den Körper des Patienten ermöglichen. In einigen wichtigen physikalischen Eigenschaften, die die Wärmeleitung und Wärmehaltung beeinflussen, unterscheiden sich Torfarten etwa gleichen Humifizierungsgrades kaum. Wohl aber bestehen erhebliche Unterschiede in der Wasserkapazität von Torfen unterschiedlicher Herkunft und Vorbehandlung, die die Rentabilität des Moorbadebetriebes erheblich beeinflussen können.

Grundsätzlich sind nach den Entstehungsbedingungen Hoch- und Niedermoores zu unterscheiden. In Gebieten mit feuchtem Klima wachsen Hochmoore oberhalb des Grundwasserspiegels, wo sich durch den biochemischen Vorgang der Humifizierung sehr anspruchsloser Pflanzengesellschaften, wie der Sphagnum-Moose, Hochmoortorf gebildet hat, verbleiben fast alle wasserlöslichen Stoffe, also auch östrogen wirksame Stoffe aller Art, aus den Pflanzen im Torf, weil es dabei kaum horizontale Wasserbewegung gegeben hat. Da auch keine Zufuhr von Pflanzennährstoffen durch das Wasser erfolgt ist, sind die Mineral- und Stickstoffgehalte der Torftrockenmasse selten höher als 1 Gew.-%.

Bei Niedermooortorfen ist das grundsätzlich anders. Sie entstehen unter dem Einfluß des Grundwassers, vornehmlich durch Verlanden von Seen und Altwässern der Flußläufe. Durch Wasserbewegungen können sowohl Mineralstoffe für die Pflanzenernährung zugeführt als auch wasserlösliche Vertorfungsprodukte abgeführt werden. Die anspruchsvolleren eutrophen Pflanzengesellschaften – hierzu gehören u. a. Laubmoose, Schilf, Seggen und diverse Sträucher – sind geradezu auf die Zufuhr von Nährstoffen durch das Wasser angewiesen. So sind Stickstoffgehalte von 3 Gew.-% und Mineralstoffgehalte von 35 Gew.-% in der Torftrockenmasse nicht selten. Überschwemmungen haben öfter beachtliche Sand- und Tonmengen in das Niedermoor gebracht. So sind in sehr stark humifizierten Niedermooortorfen auch Mineralgehalte von 50 Gew.-% anzutreffen, besonders dann, wenn feine limnische Schlämme (Mudden) in die Niedermoor-Torfablagerungen gelangt waren. Höhere Gehalte an Wollgrasfasern im Hochmoortorf sowie an Grobsanden, Holz- und Wurzelresten in Niedermooortorfen erschweren und verteuern die Torfaufbereitung zur Moorbade-masse.

Ausführliche Übersichten und Tabellen ermöglichen dem Leser, enge Zusammenhänge zwischen Torfeigenschaften und aufbereitungstechnischen, wirtschaftlichen und therapeutischen Einflußgrößen im Moorbadebetrieb zu erkennen für Denkanstöße zur sinnvollen unterschiedlichen Behandlung von Hoch- und Niedermooortorfen sowie deren Deponate im modernen Moorbadebetrieb.

## 1. Einleitung

Über 50 Heilbäder und Kurorte in der Bundesrepublik Deutschland verwenden für Moorbäder und Moorpackungen Moorbrei. Moorbrei ist die in der Moorbadeanstalt bereitete wässrige, mehr oder weniger pastöse Aufschlämmung von Badetorf. Badetorfe werden ihren Lagerstätten, den Mooren, meist mit Hilfe von Baggern entnommen. In den Mooren sind die Torfe durch biochemische Umwandlung – die Humifizierung oder Vertorfung – abgestorbener Pflanzen entstanden. Das Endprodukt dieses Naturprozesses ist ein schwarzbraunes Quellungskolloid von schleimiger Beschaffenheit, das bis zu 95 Gewichts-% Wasser enthalten kann. Diese Torfe in den Mooren sind vor einigen tausend Jahren entstanden und stellen ein unkontaminiertes Konzentrat pflanzlicher Zersetzungsprodukte und Wirkstoffe dar, das sich wegen etlicher günstiger physikalischer und chemischer Eigenschaften (Naucke 1975,

1979, 1980, 1985) als Bademedium empfiehlt (Zörkendörfer 1962, Quentin und Drexel 1968, Evers und Schoger 1974 sowie Baatz 1979, 1986).

## 2. Zusammenhänge zwischen Moorentstehung und Torfbildung sowie Eigenschaften und Zusammensetzung von Torfen

Moorentstehung und Torfbildung haben großen Einfluß auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des rohen Torfes. So verlangen verschiedene Torfarten schon wegen ihrer natürlichen Faser-, Holz- und Sandbeimengungen ganz unterschiedliche Aufbereitungs-Aggregate in den Moorbadeanlagen (Gründer 1948, Struckmann 1973, Tigges 1975 und Münchow 1978, 1979), deren Investitions- und Betriebskosten die Wirtschaftlichkeit eines Moorbades entscheidend beeinflussen können. Andererseits ist man aus lokalen Gegebenheiten an die Verwendung bestimmter Torfarten gebunden, die häufig auch für die balneologische Behandlung von Patienten bestimmter Erkrankungsformen bevorzugt von Moorthérapeuten (vgl. Naucke 1980 c, 1985 b, c) empfohlen werden. Zur optimalen Gewichtung wissenschaftlicher,

technischer und wirtschaftlicher Erfordernisse im Moorbadebetrieb sollen im Rahmen dieser Arbeit einige wesentliche Zusammenhänge zwischen Torfbildung und Torfeigenschaften herausgestellt werden.

Grundsätzlich sind nach den Entstehungsbedingungen Hochmoore und Niedermoores zu unterscheiden. Hochmoore wachsen in Gebieten mit feuchtem Klima oberhalb des Grundwasserspiegels. Die Höhe über NN spielt hier keine dominante Rolle. So kommen Hochmoore z. B. im Flachland Norddeutschlands und Skandinaviens, aber auch im Oberharz und im Schwarzwald vor. Hochmoore haben sich durch den biochemischen Vorgang der Vertorfung sehr anspruchsloser Pflanzengesellschaften gebildet. Zu diesen gehören in der Hauptsache Sphagnum-Moose, die sich nur aus dem Mineralstoff-Vorrat der bereits abgestorbenen Pflanzen sowie durch Regenwasser und dessen wenige Inhaltsstoffe ernähren. Durch die Vertorfungsvorgänge entstehen aus den deutlich strukturierten Pflanzen über zahlreiche Übergangsstadien im Endzustand dunkelbraune, gestaltlose, schleimige Quellungskolloide mit bis zu 95 Gewichts-% Wassergehalt. Torfe der er-

\* Herrn Dozenten Dr. med. habil. Hans Baatz, dem Gründer und langjährigen Leiter des Arbeitskreises Gynäkologische Balneotherapie im Verband Deutscher Badeärzte und langjährigen Vorsitzenden des Ausschusses für Peloid des Deutschen Bäderverbandes, zum 80. Geburtstag gewidmet.

sten Übergangsstadien mit schwammartiger Struktur und von hellbrauner Farbe sind als sogenannte Weißtorfe bekannt. Sie werden gern für die Bodenverbesserung im Gartenbau verwendet und sind in ihrer auffälligen Verpackung, meist gelben Kunststoffsäcken, im Gartenbau anzutreffen. In der Bundesrepublik Deutschland sind wegen des starken Abbaues in den letzten Jahrzehnten (ca. 10 Millionen Kubikmeter Jahresproduktion) die Lagerstätten-Vorräte an Weißtorf spürbar geringer geworden, so daß für Bodenverbesserungszwecke neben Baumrindenprodukten auch speziell vorbehandelte hochzersetzte Torfe eingesetzt werden, die auch für die Moortherapie begehrt sind. Allerdings sucht man für balneologische Zwecke stark humifizierte Torfe, die möglichst nur aus Humuskolloiden bestehen. Von Natur aus im Torf bisweilen enthaltene unerwünschte Begleitstoffe müssen durch geeignete Gewinnungs- und Aufbereitungsaggregate der Moorbadebetriebe entfernt werden (Gründer 1948, Struckmann 1973, Tigges 1975, Münchow 1978, 1979). Als unerwünschte Begleiter der Sphagnummoose auf den Hochmooren tritt häufig das scheidige Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) auf, dessen Wurzelballen und Stengel den biochemischen Vertorfungsvorgängen widerstehen und dann bei der Badetorfbereitung Schwierigkeiten und Unkosten verursachen.

Da sich im ungestörten Hochmoor kaum horizontale Wasserbewegung abspielt, verbleiben fast alle wasserlöslichen Naturstoffe, besonders östrogen wirksame Stoffe aller Art (vgl. Naucke 1985 a,c) aus den Pflanzen im Torf und es erfolgt auch keine Zufuhr an Pflanzennährstoffen durch das Wasser. So sind die Mineral- und Stickstoffgehalte der Torftrockenmasse selten höher als 1 Gew.-%, also vernachlässigbar gering (vgl. Tabellen 1 und 2).

Bei Niedermoor torfen ist das grundsätzlich anders. Sie entstehen unter dem Einfluß des Grundwassers, vornehmlich durch Verlanden von Seen und Altwässern der Flußläufe. Durch Wasserbewegung können sowohl Mineralstoffe für die Pflanzenernährung zugeführt als auch wasserlösliche Vertorfungsprodukte abgeführt werden. Die anspruchsvolleren eutrophen Pflanzengesellschaften – hierzu gehören u. a. Laubmoose, Schilf, Seggen und diverse Sträucher – sind geradezu auf die Zufuhr von Nährstoffen durch das Wasser angewiesen. So sind Stickstoffgehalte von 3 Gew.-% und Mineralstoffgehalte von 35 Gew.-% in der Torftrockenmasse nicht selten. Überschwemmungen können öfter beachtliche Sand- und Tonmengen in das Niedermoor bringen. So sind in sehr stark zersetzten Niedermoor torfen auch zuweilen Mineralgehalte bis etwa 50 Gew.-% anzutreffen, besonders dann, wenn feine Sedimentschichten von Sanden und Tonen die Torflagerstätte durchziehen. Höhere Gehalte an Grobsanden sowie Holz- und Wurzelresten in Niedermoor torfen erschweren

und verteuern deren Aufbereitung zur Moorbade-masse.

### 3. Badetorfeigenschaften als aufbereitungstechnische, wirtschaftliche und therapeutische Einflußgrößen

Wässrige Aufschlammungen von Badetorfen werden in erster Linie als Bademedium deshalb benutzt, weil seine günstigen physikalischen Eigenschaften eine gleichmäßige und schonende Übertragung von Wärme auf den moorbadenden Patienten ermöglichen. In einigen physikalischen Eigenschaften, die die Wärmeleitung und die Wärmehaltung des Moorbadebreies beeinflussen, unterscheiden sich die Torfarten etwa vergleichbaren Humifizierungsgrades nur geringfügig (vgl. Naucke 1975). Wohl aber bestehen deutliche Unterschiede in anderen Eigenschaften von Torfen. Die Entstehungsbedingungen in den Mooren sowie die Gewinnungsmethoden und die Vorbehandlung der Badetorfe beeinflussen die Eigenschaften ganz besonders. Solche Unterschiede werden deutlich, wenn man die chemische Zusammensetzung von Torfen betrachtet. Hierzu dienen die Tabellen 1 und 2. Man unterscheidet hier organische und mineralische Bestandteile. Mit Hilfe geeigneter Löse- und Extraktionsmittel kann man die organischen Torfinhaltsstoffe in bestimmte Stoffgruppen unterteilen (siehe Tabelle 1, Zeilen 4 bis 11). Nur selten ermittelt man den Gehalt an definierten chemischen Verbindungen, wie z. B. an Steroiden (Naucke 1985 c), zu denen auch hormonell wirksame Stoffe gehören. Zur Bestimmung des Gehaltes an mineralischen Komponenten geht man grundsätzlich anders vor. Einmal ermittelt man den Gehalt des wässrigen Auszuges von 50 ml Wasser aus einem Teil Torf an mineralischen Bestandteilen (Tabelle 1, Zeile 5) durch Eindunsten des Wassers und Veraschung der organischen Beimengungen bei 500°C. Durch Auflösen der bei 500°C gewonnenen Gesamtorfasche in geeigneten Säuren gewinnt man eine Stammlösung, in der man heute mit Hilfe der Atom-Absorptions-Spektrometrie die Gehalte an einzelnen Elementen ermitteln kann. Die Tabelle 2 enthält die Mittelwerte zahlreicher Badetorf-Analysen.

Die Humosität H als Maß für den Vertorfungsgrad der frischen Moormasse bestimmt man mittels einer einfachen Feldmethode, die auf den schwedischen Moorforscher von Post zurückgeht. Man zerdrückt moorfrische Torfmasse durch Faustbildung der Hand. Tritt nur Wasser aus, so liegt die Humosität H=1 vor. Quillt aber reine kolloide braun-schwarze Masse zwischen den Fingern hervor, so ist H=10 (siehe Tabelle 1, Zeile 1).

Aus den hier mitgeteilten Daten geht hervor, daß die Humosität H der für Badezwecke eingesetzten Niedermoor torfe deutlich höher liegt mit 8,87 gegenüber 7,25 bei den Hochmoor torfen. Die Niedermoor masse erscheint meist tiefbraun, die Hochmoor torfmasse dagegen häufig mittelbraun, erst bei länge-

rem Stehen an der Luft dunkelbraun. Die Humifizierung ist bei letzterem im Mittel noch nicht soweit fortgeschritten wie bei den hier erfaßten Niedermoor torfen. Das läßt sich auch an Hand der Zahlenangaben in den Zeilen 8, 9, 10 und 11 belegen. Der Anteil der mit 72%iger Schwefelsäure H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und mit 2%iger Salzsäure HCl spaltbaren Anteile ist bei Hochmoor torfen noch bedeutend höher. Dementsprechend weisen die Niedermoor torfe höhere Anteile an den Endprodukten der Humifizierung, eben den Huminsäuren und den Huminstoffen, auf (Zeilen 10 und 11).

Der fast dreimal so hohe Stickstoffgehalt der Niedermoor torfe (Zeile 3) läßt sich auch so deuten, daß zur Niedermoor bildung auch mehr Kleinlebewesen beigetragen haben können. Der geringere Gehalt an wasserlöslichen organischen Stoffen (Zeile 4) und an bituminösen, auch Steroide enthaltenden Stoffen (Zeilen 6 und 7) ist darauf zurückzuführen, daß bei der Niedermoor bildung in stehenden oder wenig fließenden Gewässern bereits Inhaltsstoffe ausgewaschen worden sind.

Der bedeutend höhere Prozentsatz wasserlöslicher Mineralstoffe (Zeile 5) steht im Zusammenhang mit dem fast zehnfach höheren Mineralgehalt der Niedermoor torfe. Aus der Tabelle 2 ist abzulesen, daß Niedermoor torfe in der Größenordnung zehnmal soviel Aluminium Al, Eisen Fe, Calcium Ca, Mangan Mn und Silizium Si enthalten wie Hochmoor torfe. Die hohen Tonmineral-, Sand- und Kalkbeimengungen sind die Ursache dafür. Die Magnesiumgehalte (Mg) unterscheiden sich nur im Verhältnis 1 : 2. Die Gehalte an Spurenelementen, wie Blei Pb, Nickel Ni, Kupfer Cu, Cadmium Cd, Chrom Cr, Cobalt Co und Zink Zn, sind bei Niedermoor torfen selten dramatisch höher als bei Hochmoor torfen. Strontium Sr ist ein Kalkbegleiter; daher ist sein Anteil in Niedermoor torfen relativ deutlich höher als in den Hochmoor torfen.

Ein Teil der tonähnlichen Silikate ist bei Niedermoor torfen meist komplex an Huminstoffe und Säuren gebunden. Deshalb können Niedermoor torfe thixotrope Eigenschaften haben. Das heißt, so lange Niedermoor torf-Suspensionen gerührt und gefördert werden, verhalten sie sich wie eine Flüssigkeit. Hört aber die Fließbewegung auf, so können Niedermoor torf-Aufschlammungen zu einem festen „Pudding“ erstarren und die Rohrleitungen verstopfen! Eine solchen Effekt nutzt man bei den Bohrspülsuspensionen in der Erdölbohrtechnik aus (vgl. Wißmann 1956). Dadurch, daß ein Teil der Huminstoff-Bindungen durch Tone und andere Silikate abgesättigt sein können, sind die Wassergehalte im moorfrischen Zustand (Zeile 12, Tabelle 1) und bei normaler Badekonsistenz (Zeile 13, Tabelle 1) deutlich niedriger als bei Hochmoor torfen.

Von wirtschaftlicher Bedeutung für den Moorbadebetrieb ist die Wasserkapazität von Torfen unterschiedlicher Her-

Analytische Bestimmungsgrößen		14 Hochmoor-Torfe				25 Niedermoor-Torfe			
		arithmetisches Mittel	Streuung des Mittels	Streugrenzen der Einzelwerte		arithmetisches Mittel	Streuung des Mittels	Streugrenzen der Einzelwerte	
				max.	min.			max.	min.
1	Humosität H	7,25	±0,26	9,35	5,15	8,87	±0,15	10	7,4
2	Asche-Gehalt	4,8	±1,30	14,4	0	35,7	±2,0	55,9	15,5
3	Stickstoff-Gehalt	1,2	±0,06	1,61	0,77	3,29	±0,11	4,5	2,1
4	wasserlösliche organisch	1,41	±0,33	3,3	0	0,58	±0,13	1,89	0
5	Stoffe im Auszug 1:50 mineralisch	0,20	±0,08	0,74	0	1,1	±0,3	4,2	0
6	Bitumen-Extrakt Gesamt	9,5	±0,63	14,2	4,9	4,22	±0,39	8,16	0,3
7	Benzol/Ethanol 1:1 Steroidfraktion	3,8	±0,4	6,7	0,9	1,45	±0,14	3,27	0
8	Hydrylysierbare Stoffe 72% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	33,8	±2,5	52,6	15,0	24,8	±1,0	34,7	14,8
9	Stoffe 2% HCl	23,9	±1,8	37,5	10,4	20,4	±0,7	27,4	13,3
10	Huminsäuren, alkalilöslich und säurefällbar	24,9	±1,5	36,2	13,5	34,0	±1,6	54,9	13,0
11	Huminstoffe	30,5	±2,4	48,3	12,7	36,3	±1,6	52,7	19,9
12	Wasser-Gehalte moorfrisch	89,1	±0,7	95,4	82,9	84,2	±1,5	97,3	71,1
13	Gehalte bei Normal Konsistenz	94,1	±0,5	98,2	90,0	90,5	±0,8	97,5	83,6

Tabelle 1: Stoffgruppen-Analysen balneologisch genutzter deutscher Hochmoor- und Niedermoor-torfe (statistisch abgesicherte Mittelwerte und Streugrenzen der Einzelwerte). Alle Angaben der Zeilen 3 – 11 in Gewichts-% wasser- und aschefreier Torfe; die Zeilen 12 und 13 geben Gewichts% der Moorbademasse an; der Aschegehalt in Zeile 2 wurde bei 500°C ermittelt und ist auf Torftrockenmasse bezogen.

Norddeutsche Hochmoor-Torfe 1976 – 1978														
	Al	Fe	Ca	Mg	Mn	Pb	Ni	Cu	Cd	Sr	Cr	Co	Zn	Si
Mittelwerte ±	1476 283	1885 412	2766 232	1586 194	28,5 7	23 7	12,4 4	8,4 2	1 0,3	8 1,1	16 5	7,5 1,7	23 6	44,5 11
Streugrenzen der Einzelwerte	3742 0	4678 0	4400 1000	3000 170	78 0	71 0	36 0	23 0	3,5 0	15,3 0	47 0	19 0	63 0	120 0
Anzahl der Proben	11	9	10	11	10	10	8	10	10	10	9	9	10	10
Norddeutsche Niedermoor-Torfe 1976 – 1978														
Mittelwerte ±	10368 1350	19981 2011	28901 1842	3917 381	265 21	42 3,4	47 5,3	18,8 0,6	2,6 0,4	39,8 2,2	75,4 10,4	25,6 2	55 6	508 36
Streugrenzen der Einzelwerte	24303 0	25460 8500	37580 10222	7842 0	485 45	77 7	92 2	34,5 3	6,3 0	60,3 18,3	161 0	47 5	108 2	1075 0
Anzahl der Proben	24	23	24	25	23	25	16	23	24	23	15	25	19	24

Tabelle 2: Analyse norddeutscher Hochmoor- und Niedermoor-Badeforfe auf den Gehalt an 14 Elementen (mg/kg Torf, wf.). Mittelwerte mit Angabe des Streubereichs sowie Angabe der Streugrenzen für die Einzelwerte.

kunft und Vorbehandlung. Diese Zahlengröße gibt an, wieviel Gramm Wasser ein Gramm Torftrockensubstanz im grubenfrischen Zustand zu binden vermag, wenn ein normalkonsistenter Badebrei hergestellt werden soll. Die Konsistenz eines Moorbreibades wird als normal angesehen, wenn eine Fingerschriftprobe auf der Badeoberfläche mindestens eine Minute lang erkennbar bleibt (Quentinsche Schriftprobe). Die statistisch abgesicherten Werte für die Wasserkapazitäten norddeutscher Badeforfe (Naucke 1979) sind in Tabelle 3 aufgeführt. Ist der Wassergehalt eines Badeforfes bekannt, so geben diese Zahlen einen Hinweis darauf, welche zusätzlichen Wassermengen grubenfrische Torfe unter geeigneten Vorquellbedingungen noch aufzunehmen vermögen. Weiter geht aus Tabelle 3 hervor, daß Hoch- und Niedermoorforfe einerseits und deren Deponate anderer-

Ergiebigkeit bei der Bereitung normalkonsistenten Badebreies aus Frischtorfen oder Deponietorfen, ausgedrückt durch die Wasserkapazität (g Wasser/g Torf, wf.)				
Badeforf-Kennzeichnung	Mittelwert der Wasserkapazität bei Hochmoortorf	Streugrenzen der Einzelwerte	Mittelwert der Wasserkapazität bei Niedermoorforf	Streugrenzen der Einzelwerte
Frischtorf	17,9 ± 1,2	9,0 – 27	10,4 ± 0,8	4,0 – 17
Deponietorf	13,2 ± 1,5	5,4 – 22	6,9 ± 0,3	5,0 – 8,7

Tabelle 3

seits sehr unterschiedlich ergiebig sein können. Deponate erleiden bei der jahrelangen Ablagerung etwa 25–35% Einbuße im Wasserbindungsvermögen. Am wirtschaftlichsten – weil am ergiebigsten – sind frische Hochmoortorfe starker Humifizierung.

Zum Verständnis der Zusammenhänge, die sich hinter den anderen nackten Zahlen der Tabellen 1 bis 3 verbergen,

ist die Tabelle 4 angefertigt worden. Kurz gefaßte Vergleiche zwischen Hoch- und Niedermoorforfen wollen deren Unterschiede in den Eigenschaften herausstellen und deren Auswirkungen auf die Badebrei-Aufbereitung und Nutzung beschreiben. Aus der Tabelle 4 lassen sich kurz zusammengefaßt folgende Empfehlungen für den Moorbadebetrieb ableiten:

Torfart	Hochmoor-Torfe	Niedermoor-Torfe
bevorzugter Humifizierungsgrad	Humosität H6 – H8	Humosität H8 – H10
unerwünschte Beimengungen	Wollgras-Fasern	Wurzeln, Holzreste, Ton, Sand
Entstehungs-Bedingungen und organische Bestandteile	Oberhalb des Wasserspiegels gebildet aus relativ variationsarmen Pflanzengesellschaften, wie Sphagnen. Daher organische Torfinhaltsstoffe, wie Steroide, in relativ hoher Konzentration. Hoher Gehalt an wasserlöslichen Inhaltsstoffen, die in der Lagerstätte nicht ausgewaschen werden können. Freie, östrogenwirksame Steroide nachweisbar.	Am Grundwasserspiegel gebildet aus mannigfaltigen Pflanzengesellschaften, daher große Vielfalt der Torfinhaltsstoffe, die aber nur in geringen Konzentrationen vorliegen („Moor-Bouquet“). Freie Östrogene nicht nachweisbar, da in der Lagerstätte viele Stoffe ausgewaschen.
Mineral-Bestandteile	Sehr geringer Gehalt an Mineralstoffen, häufig unter 1 Gew.-% der Trockensubstanz. Große Bereitschaft, Kationen aufzunehmen und sehr fest zu binden.	Beachtlicher Gehalt an Mineralstoffen (normal ~ 5 – 15 Gew.-%). Große Mannigfaltigkeit essentieller Elemente in z. T. organischer Bindung. Die Wasserlöslichkeit der Komplexe ist bei $6 < \text{pH} < 8$ begünstigt, der für Niedermoororte charakteristisch ist.
Korrosions- und Verschleißverhalten	Der saure Charakter ( $3 < \text{pH} < 5$ ) bewirkt Korrosion der Gewinnungs- u. Verarbeitungsgeräte der Moorbadeeinrichtungen, wenn sie nicht aus V4A-Stahl sind.	Hoher Anteil an mineralischen Fremdstoffen (im Mittel ~ 22 – 25 Gew.-% Sand) bedingen die Gefahr starken Verschleißes beweglicher Geräteteile der Moorbadeanlagen.
Mikrobiologisches Verhalten im Badebetrieb und in der Deponie	Wegen des sauren Charakters hat der Torf deutlich bakterizide Eigenschaften, die im Falle einer mikrobiellen Kontamination während des Badebetriebes zu einer schnellen Regeneration im mikrobiellen Sinne beitragen (wenige Wochen bis Monate in geordneter Deponie). Für das Recycling benutzter Badetorfe reichen also relativ kleine Areale aus. Wegen der bei Hochmoortorfen noch nicht völlig abgeschlossenen Humifizierung (H6 – H8) kann in der Deponie eine Nachvertorfung eintreten. Die Materialverluste fallen um so weniger ins Gewicht, je höher die Humosität und je kürzer die Deponiedauer gewählt werden dürfen.	Wegen des fast neutralen Charakters des Niedermoorortes dauert eine Regeneration mikrobiell kontaminierten Badetorfes in der geordneten Deponie meist 5 – 10 Jahre. Dementsprechend sind für ein Recycling recht große Deponie-Areale erforderlich. Bei den recht langen Deponiezeiten ist zwar kam mit einer Nachvertorfung zu rechnen, wohl aber mit einer Kontamination mit Fremdmetallen von außen. Ein üppiger Pflanzenbewuchs der Niedermoor-Badetorf-Deponien trägt dazu bei, daß bei intensiver Sonnen-Einstrahlung ein rasches Austrocknen der Oberflächen-Schichten begünstigt werden kann. Pflanzeninhaltsstoffe frisken Torf auf.
Quellfähigkeit und Wasserbindungsvermögen (Wasserkapazität)	Die Humuskolloide der Hochmoortorfe quellen meist besser als die der Niedermoororte, jedoch oft langsamer. Aber nach einer Nacht Vorquellung können bis zu 27 Teile Wasser auf ein Teil Trockensubstanz gegeben werden, um ein normalkonsistentes Moorbreibad herzustellen.	Bei Unterschreitung eines Wassergehaltes von ~ 80% tritt eine deutliche Einbuße in der Quellfähigkeit und im Bindevermögen für Wasser ein. Dann dürfen oft nur noch 5 – 8 Teile Wasser auf ein Teil Torf-Trockensubstanz gegeben werden, um normalkonsistenten Badebrei zu gewährleisten. Eine kalte Vorquellung ist für das Ausseidentieren von Grobsanden nützlich, der Anlagenverschleiß wird geringer.

Tabelle 4: Für die Badetorf-Gewinnung und -Verarbeitung wichtige Eigenschaften von Hochmoor- und Niedermoorort

### 3.1. Hochmoortorfe

Die meisten Hochmoortorfe verlangen vor Eingabe in die Badebrei-Aufbereitungsanlage eine sorgfältige Entfaserung. Die Humuskolloide der Hochmoortorfe können nach kalter Vorquellung (ca. 12 – 36 Stunden) insgesamt bis zu 27 Teile Wasser je Teil Trockensubstanz aufnehmen. Sie sind also bei der Bereitung normalkonsistenter Breibäder sehr ergiebig. Wegen des sauren Torfcharakters sind korrosionsfeste Sonderstahlgeräte zur Vermeidung von Korrosionsschäden empfehlenswert. Die mineralarmen Hochmoortorfe sind auch bei der therapeutischen Anwendung deutliche Kationen-Sammler. Wegen ihrer bakteriziden Eigenschaften können sich einmal benutzte Hochmoortorfe in der geordneten Deponie relativ rasch im mikrobiologischen Sinne regenerieren; unter günstigen Verhältnissen könnten hierzu Wochen oder

Monate, in Sonderfällen Stunden ausreichen. Bei noch nicht restlos humifizierten Hochmoortorfen (H6 – H8) wirkte, ganz allgemein, eine möglichst kurze Deponiezeit fühlbaren Materialverlusten und degenerativen chemischen Veränderungen (vgl. Naucke 1979, II) entgegen.

### 3.2. Niedermoororte

Die an Mineralstoffen reicheren Niedermoororte müssen vor Aufgabe in die Moorbadeanlage von Holzresten befreit werden. Eine kalte Vorquellung, etwa über Nacht, gestattet in der Regel das Absitzen von Grobsandteilen. Die im Mittel 22 – 25 Gew.-% Sand enthaltenden Niedermoor-Badetorfe (vgl. Naucke 1979 I, II) verursachen stärkeren Verschleiß der Aufbereitungsanlagen als Hochmoortorfe. Da die Niedermoororte weniger sauer sind, ist die Korrosionsgefahr in der Anlage geringer. Dafür

sind aber für die abgedadeten Niedermoororte bis zur Wiederverwendbarkeit, also bis zur Regeneration im hygienischen Sinne, meist 5 – 10 Jahre Verweilzeit in der Deponie erforderlich. Hierzu sind dann ausge dehnte Deponie-Areale nötig, deren Anlage, Pflege und Unterhaltung erhebliche Kosten verursachen. So sollte nicht vergessen werden, durch betriebswirtschaftliche Analyse nachzuweisen, daß ein Recycling abgedadeten Torfes tatsächlich rentabler als andere Verwendungsarten des „Abmoores“ ist.

### 4. Ausblick

In Anbetracht etlicher Probleme bei der Badetorfversorgung einer Reihe deutscher Moorbadeorte (Quentin 1980; Schneekloth 1985) und der gestiegenen Rohstoff-, Gewinnungs-, Transport-, Energie- und Lohnkosten stehen in den Moorbadebetrieben Fragen an, wie der

Moorbadebetrieb rentabel gehalten werden kann. So ist es Anliegen dieses Aufsatzes, auf Zusammenhänge hinzuweisen und Denkanstöße zu vermitteln. Deponiewirtschaft und die Wiederverwendung abgedateten Torfes fordern heute wegen einiger Engpässe bei der Rohstoffbeschaffung die Betriebsleitungen zu besonderer Aufmerksamkeit heraus. Wie bereits früher dargelegt (Naucke 1979 II) und in den Tabellen 3 und 4 zusammengefaßt, kann Badetorf in der Deponie erhebliche Ergiebigkeits-Einbußen erleiden. Während zur Bereitung einer 270 Liter-Wanne normalkonsistenter Moorbademasse etwa 10 kg Trockensubstanz eines vorgequollenen, frischen Hochmoor-Sphagnum-Torfes guter Humifizierung ausreichen, benötigt man hierzu etwa 50 kg Trockensubstanz eines Niedermoor-Deponates!

Auf geeignete, saubere Deponie-Areale in der Nähe der Moorbad-Anlage kann nicht verzichtet werden, denn die Moorbadanlage muß entsorgt werden. Aus ökologischen Gründen wäre natürlich die Rückführung der einmal abgenutzten Bademasse in die Entnahmestelle im Moor selbst zu begrüßen. Dort könnte dann die durch Entnahme des für die Moortherapie unbedingt benötigten frischen Badetorfes entstandene Störung des Landschaftsgefüges in wenigen Monaten wieder selbst ausheilen. Die Zahl der Moorbadeorte, die dieses wünschenswerte Verfahren auch hinlänglich wirtschaftlich anwenden können, ist auf Hochmoorstandorte beschränkt. Die anderen Moor-Badeorte sind darauf angewiesen, daß in der Deponie die dünnflüssige Torfsuspension aus der Entsorgungsleitung mit etwa 95 Gew.-% Wassergehalt - vornehmlich durch Verdunstung - wieder in eine stichfeste Masse mit ca. 85 Gew.-% Wassergehalt übergeht. Erst in diesem Zustand ist die Masse wieder bequem transportfähig und kann so entweder nach eingehender bakteriologischer und chemischer Untersuchung der Wiederverwendung oder aber anderen sinnvollen Zwecken zugeführt werden, zu denen in etlichen Moorbadeorten vielfach der lokale Landschafts- und Ziergartenbau gehört.

Die Wiederverwendung bereits abgedateter Moorbademasse nach ausreichend langer Freilanddeponie wird in absehbarer Zeit die Regel werden (Quentin 1980). Man wird also mehr Deponieareal benötigen oder muß nach Wegen suchen, auf der vorhandenen Fläche mehr Material als bisher einlagern zu können.

Eine Einsparung an Deponieareal läßt sich dadurch erzielen, daß man im Moorbadebetrieb nach Beendigung des jeweiligen Moorbadektes Abmoor- und Waschwasserabführung aus der Wanne trennt. Sicher ist die Anwendung dieses Prinzips an gewisse technische Voraussetzungen gebunden, stellt aber vordergründig ein betriebsorganisatorisches Problem dar. Das Abmoor gelangt unverdünnt über eine Sammelleitung z. B. zur Deponie. Das huminöse Waschwasser,

das übrigens eine wesentlich höhere Mikrobekonzentration aufweist als das Abmoor, kann mittels anorganisch/organischer Filterhilfsmittel in einfachen Sieb- oder Filteranlagen von den färbenden Badetorfanteilen befreit werden. Es darf dann der kommunalen Kanalisation zur Entsorgung anvertraut werden.

Ein anderes Problem stellt die Verkürzung der bisher auf 10 Jahre festgesetzten Deponiezeit dar. Da die Regenerationszeit des Abmoores im hygienischen Sinne von der Konzentration der Mikroben am Anfang der Deponiezeit abhängig ist (Naglitsch 1981, 1983), sollte eine möglichst geringe mikrobielle Belastung des Abmoores angestrebt werden. Das kann man einmal ganz sicher durch eine Trennung aller Spül- und Abwässer vom abgedateten Moorbrei erreichen. Die mikrobielle Kontamination des nunmehr unverdünnten Abmoores kann so - nach eigenen Erfahrungen - auf 15 - 25% des bisher üblichen Wertes gesenkt werden. 80 - 90% des Mikrobengehaltes der Spülwässer verbleiben in der aus Filterhilfsmittel und Huminstoffen bestehenden Masse. Kann man die Spülwässer nicht vom Abmoor trennen, so bleibt eine Kurzzeit-Pasteurisierung des Abmoores zur Verringerung der mikrobiellen Kontamination vor der Freilanddeponie zu diskutieren. Die wissenschaftlichen und technischen Bedingungen sind von Naucke und Bornkessel 1981 erarbeitet und eingehend beschrieben worden. Das sind Überlegungen zur Verkürzung der Deponiezeit des Abmoores und zur Einsparung von Deponeiareal.

Neue Überlegungen erscheinen dem Verfasser um so mehr angebracht, als in der Neufassung der Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen (vgl. Fricke 1979) eindeutig festgelegt wird, daß die Wiederverwendung von Peloiden frühestens in 10 Jahren statthaft ist - und dann auch nur in Form einer Mischung im Verhältnis 1 : 1 mit Frischtorf.

Nach unseren Untersuchungen (Naucke 1979, II) stellt die Vorschrift, eine zehnjährige Deponiezeit einzuhalten, sicher, daß in diesem Zeitraum alle Torfarten - also auch die am meisten im mikrobiologischen Sinne problematischen abgedateten Niedermoororte - in hygienischer Hinsicht mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit „regeneriert“ sein werden (Naglitsch 1981, 1983).

Für Hochmoorbadeorte bedeutet die Einhaltung der 10-Jahre-Bestimmung aber, daß eine Deponie zum Zwecke eines Recycling nur selten wirtschaftlich sein dürfte. Wie sich herausgestellt hat (Naucke 1979, II), erfahren viele Hochmoortorfe mit Humositätsgraden unter H8 in der Deponie eine Sekundärvertorfung, bei der in dem verlangten Zeitraum bis zu 70 - 90% der deponierten Torftrockensubstanz mineralisieren - also verloren gehen - kann.

Deshalb ist bei Hochmoortorfen, die wegen ihrer größeren Ergiebigkeit und ihres wesentlich höheren Gehaltes an Steroiden (Naucke 1985 a, b, c) als Badetorfe sehr geschätzt sind, die einmalige Verwendung sicher vorzuziehen (Münchow 1979), solange nicht für reine Hochmoortorfe eine fachlich durchaus vertretbare „Kurzzeit-Deponie“ eingehend diskutiert und erlaubt ist.

Die Verkürzung der Deponiezeit für Hochmoortorfe erscheint auch aus einem anderen Grunde vertretbar. Hochmoortorfe enthalten deutlich bakterizid wirksame Stoffe, die die Regeneration im hygienischen Sinne beschleunigen können. Über die chemische Natur der bakterizid wirksamen Stoffe in Torfen liegen bisher nur wenige Angaben vor. Peter und Egerter (1969) berichten, daß einige stark saure Peloiden (pH bei 1,8) schon während des Moorbadbesuches Fremdbakterien abtöten konnten.

Dieser Befund erscheint einleuchtend, da man heute weiß, daß bakterizide Stoffe in diesem pH-Bereich besonders wirksam sein können. Als bakterizide Naturstoffe kommen aus Blatt- und Blütenfarbstoffen enzymatisch abspaltbare Hydroxybenzoesäuren in Betracht (Schuster und Herrmann 1985). Solche Säuren sind schon 1972 von Naucke und Mitarbeitern in wenig humifizierten Sphagnum-Hochmoortorfen nachgewiesen worden (neben 4-Hydroxybenzoesäure auch 3-Hydroxybenzoesäure, ferner 3,4- und 2,5-Dihydroxybenzoesäure, auch 4-Methoxybenzoesäure und 3,4-Dimethoxybenzoesäure, dazu 2-Furan-carbonsäure).

Für die Bakterizidie dieser aromatischen Säuren ist ihr undissoziierter (nicht in Ionen gespaltener) Anteil verantwortlich. Dieser Anteil kann bei niedrigem pH-Wert - also im stark sauren Milieu - nahezu 100% betragen. Im neutralen Bereich ist die bakterizide Wirkung dieser Stoffklassen aber praktisch Null (Wallhäuser 1978). Dieser Zusammenhang sollte bereits bei der Diskussion und Planung von Moortret-, Moorschreit- und Moorbewegungsbadern eingehend Beachtung finden!

Niedermoororte verhalten sich mikrobiologisch generell etwas anders als Hochmoortorfe, wie in den letzten Jahren vorgenommene Untersuchungen in Moorbadebetrieben bereits zeigen. Auch frische Niedermoororte besitzen gewisse antimikrobielle Eigenschaften, so daß versuchsmäßig eingeschleuste human-pathogene Keime nur sehr kurze Zeit in der Moormasse überleben konnten (Prucha 1981, 1983). Wegen der schlechten Überlebensbedingungen und der äußerst geringen Anzahl pathogener Keime in der Moormasse ist ein Infektionsrisiko als äußerst gering einzuschätzen (Prucha 1983). Die Einflüsse freien Schwefelwasserstoffes auf solche Zusammenhänge sind wegen experimenteller Schwierigkeiten noch nicht geklärt.

In Anbetracht der Tendenz, mehr Bademoordeponeate einsetzen zu müssen, er-

scheint die Verbesserung einfach und schnell anwendbarer Betriebsmethoden zur hygienischen Kontrolle im Moorbadbetrieb vordringlich.

#### Literatur:

Baatz, H. (1979): Balneotherapie der Frauenkrankheiten, *Wissenschaft. Reihe des Deutschen Bäderverbandes*, 33 S., 49 Lit., Bonn. - Baatz, H. (1980): Balneologische Therapie gynäkologischer Erkrankungen, Moortherapie I und II, *gynäkol. prax.* 10, 313-316 und 519-522, 1 Tab., München. - Evers, A., Schoger, G.A. (1974): Balneotherapie rheumatischer Erkrankungen, ebenda, 60 S., 69 Lit., Bonn. - Fricke, K. (1979): Neufassung der Begriffsbestimmungen für Kurorte, Erholungsorte und Heilbrunnen, *HEILBAD UND KURORT* 31, 10, S. 273-279, Gütersloh. - Gründer, W., Benade, W., Ordjanian, N. (1948): Die Aufbereitung von Badetorfen. *Die Pharmazie*, 5. Beiheft, 1. Ergänzungsband, S. 346-395, 21 Abb., 9 Tab., 29 Lit., Verl. Seenger, Berlin. - Münchow, W. (1978): Betrieb der vollautomatischen Moorbadanlage im anerkannten Moor-Heilbad Bad Zwischenahn/Oldenb., *Telma* 8, 329-334, 2 Abb., Hannover. - Münchow, W. (1979): derselbe Titel, *HEILBAD UND KURORT* 31, 6, 168-169. - Naglitsch, F. (1981): Ein neues Verfahren zur Bestimmung der antimikrobiellen Wirkung von Torfen, *Z. Physiotherapie* 33, 65-74, 2 Abb., 20 Lit., Leipzig. - Naglitsch, F. (1983): Antibakterielle Wirkung und Wiederverwendung von Badetorfen, ebenda 35, 39-44, 2 Abb., 1 Tab., 5 Lit., Leipzig. - Naucke, W. (1975): Physikalische und chemische Aspekte der Moortherapie, *Telma* 5, S. 277-307, 5 Abb., 1 Tab., Hannover. - Naucke, W. (1979): Untersuchungen niedersächsischer Torfe zur Bewertung ihrer Eignung für die Moortherapie, I. Zur stofflichen Zusammensetzung moorfrischer Badetorfe, *TELMA* 9, S. 229-250, 4 Abb., 4 Tab., 36 Lit., Hannover. - Naucke, W., II. Regeneration oder Degeneration von Badetorfen in der geordneten Deponie, *TELMA* 9, S. 251-274, 3 Abb., 10 Tab., 18 Lit., Hannover. - Naucke, W. (1980): Die Wasserlöslichkeit einiger essentieller Elemente aus Badetorfen. - Daten, Zusammen-

hänge, Schlußfolgerungen. *TELMA* 10, 227-240, 3 Abb., 5 Tab., 23 Lit., Hannover. - Naucke, W. (1980b): Chemie von Moor und Torf, im *Handbuch der Moor- und Torfkunde*, Herausgeber Kh. Göttlich, 2. Aufl., S. 173-194, 5 Abb., 8 Tab., 29 Lit., Schweizerbart Stuttgart. - Naucke, W. (1980c): Zur balneotherapeutischen Wirkung von Torfen und einiger essentieller Inhaltsstoffe, *Z. f. Bäder- und Klimahelkunde* 27, 230-246, 6 Abb., 1 Tab., 37 Lit., Stuttgart. - Naucke, W. (1981): Hochmoor- und Niedermoortorfe für die Moortherapie, *Die Med. Welt* 32, 28; S. 1123-1126, 2 Tab., Stuttgart. - Naucke, W. (1985a): Steroidale Stoffe in Badetorfen - Einfache Methoden zur Isolierung, Trennung und Identifizierung, Vortrag Int. Symposium Wirkungsmechanismen der Moortherapie, Bad Alexandersbad 25.4.1985, im Druck. - Naucke, W. (1985b): Die heutige Rolle der Moortherapie im Rahmen ganzheitlicher Kurmaßnahmen, *HEILBAD UND KURORT* 37, 3; S. 58-63, 2 Abb., 42 Lit., Gütersloh. - Naucke, W. (1985c): Steroide in torfbildenden Pflanzen und Torfen, *TELMA* 15, 173-196, 9 Abb., 3 Tab., 44 Lit., Hannover. - Naucke, W., Laaser, H.-V., Tarkmann, F.N. (1972): New chemical investigations on water-soluble organic substances in low-decomposed sphagnumpeats; Proceedings of the 4th Int. Peat Congress in Otaaniemi Vol. IV, 45-60, 4 Abb., 2 Tab., 17 Lit., Otaaniemi/Helsinki. - Naucke, L., Bornkessel, W. (1981): Moderne betriebstechnische Probleme unserer Moorbäder: Verbesserung der Hygiene und der Rohstoff-Bilanz des Badebetriebes durch Schnell-Pasteurisierung von Moor-Bademassen (Badetorfen); Berichte zum Symposium der Kommission VI der Int. Moor- und Torf-Gesellschaft „Torf in der Medizin“ 22./24. 9. 1981 in Bad Elster, 388 S., S. 169-195, 4 Abb., 2 Tab., 10 Lit., Nationalkomitee der DDR, Bad Elster. - Peter, A., Egerter, H.G. (1969): Untersuchungen über das Selbstreinigungsvermögen verschiedener Peloiden von eingebrachten Keimen der Haut und Schleimhäute, *Zeitschrift für Angewandte Bäder- und Klimahelkunde* 16, 4/5, S. 324-33 und 432-443, 11 Abb., 33 Lit., Stuttgart. - Prucha, J. (1983): I. Mikrobiologisch-hygienische Untersuchungen an Mooren für balneologische Zwecke, *TELMA* 13, 191-200, 4 Abb., 5 Tab., 2 Lit., Hannover. - Prucha, J. (1983): II. Hygienische Aspekte bei der Beurteilung des Moores für balneolo-

gische Zwecke, 121 S., 13 Abb., 52 Tab., 43 Lit., Dissertationsschrift, Gießen. - Quentin, K.E., Drexel, H. (1968): Balneotherapie mit Peloiden, *Wiss. Reihe des Deutschen Bäderverbandes*, 32 S., 1 Tab., 58 Lit.; Neuauflage mit Schnizer W. (1986) als Koautor mit 2 Tab., 57 Lit., Bonn. - Quentin, K.E. (1980): Die Moorversorgung der Kurorte in der heutigen Zeit, *Zeitschrift für Bäder- und Klimahelkunde* 27, 3, S. 220-222, 2 Lit., Stuttgart. - Schneekloth, H. (1985): Die Moorbäder in Niedersachsen, 68 S., 1 Karte, 5 Tab., 48 Lit.; Veröff. d. Nieders. Inst. f. Landeskunde und Landesentwicklung a.d. Uni Göttingen - Forschungen z. nieders. Landeskunde Bd. 121, Göttingen und Hannover. - Schuster, B., Herrmann, K. (1985): Bildung von Hydroxybenzoesäuren aus Flavonoiden bei enzymatischen und alkalischen Hydrolysen, *Zeitschr. f. Lebensmittel-Untersuchung und Forschung* 181, 467-469, 2 Abb., 1 Tab., 8 Lit., Berlin/Heidelberg/München. - Struckmann, H. (1973): Aus der Technik der Aufbereitung von Schlammködern in Bad Eilsen; *HEILBAD UND KURORT* 25, 65-67, 3 Lit., Gütersloh. - Tigges, H. (1975): Moderne Förderung von Bade- und Packungsmoor, *HEILBAD UND KURORT* 27, 1, S. 2-7, 1 Abb., Gütersloh. - Walldhäuser, K.-H. (1978): Sterilisation-Desinfektion-Konservierung, Keimidentifizierung-Betriebshygiene; 2. Auflage, 484 S., 75 Abb., 306 Tab., 306 Lit., Thieme, Stuttgart. - Wißmann, W. (1956): Die Stabilisierung von Bohrspülungen durch Humin- und Gerbstoffe; *Bergbau-Wiss.* 3, 9, S. 256-264, 3 Abb., 7 Tab., 18 Lit., Clausthal. - Zörkendörfer, W. (1962): Peloid; Kapitel XIII, 11 im *Handbuch der Bäder- und Klimahelkunde*, Hrsg. Amelung, W. und Evers, A., S. 481-500; 7 Abb., 6 Tab., 133 Lit., Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:  
Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.  
Werner Naucke  
Niedersächsisches Staatsbad Nenndorf  
Postfach 1150  
3052 Bad Nenndorf

mit herzlichem Gruß

W. Naucke