

Agro-Kolloide



**zur Unterstützung der Lebensprozesse
in Boden, Kompost, Gülle, Biogassubstraten**

Heilerden für Mensch und Tier

**Kieselsäuren und Huminsäuren
Gesteinsmehle und Dauerhumus**

Dr. Lutz Pickelmann

Inhaltsverzeichnis

1	Kolloide für effiziente und naturnahe Landwirtschaft	3
2	Anwenderhinweise	4
3	Agro-Kolloide selbst herstellen	6
4	Praktische Ergebnisse	9
5	Kolloidmaterialien	10
6	Aktivieren, Biostimulieren, Informieren	16
7	Pflanzenjauchen und die Gülle	19
8	Agro-Kolloide und Mikroorganismen	20
9	Agro-Kolloide: kleinste Teilchen, größte Flächen	21
10	Kolloideigenschaften sind messbar	23
11	Wo geht die Reise hin	26

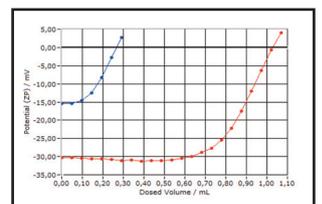


Abbildung Deckblatt

Verschiedene Agro-Kolloide aus Gesteinsmehlen, -sanden (Basalt, Diabas, Lava, Zeolith) und Humuskomponenten aufgeschlämmt in Regenwasser. Graphik: Kolloidteilchen

1 Kolloide für effiziente und naturnahe Landwirtschaft

Gesunde Biokreisläufe in der Landwirtschaft basieren praktisch an allen Stellen auf dem Wirken von Systemen gesunder Mikroorganismen (sog. Mikrobiome).

Boden, Futteraufbereitung, tierische Verdauung, Gülle, Komposthaufen, Komposttees, Pflanzenjauhen und Biogasansätze sind hierfür die gängigsten Beispiele.

Eine zentrale Rolle bei der Unterstützung des mikrobiellen Wirkens spielen feinstverteilte Materialien (sog. Kolloide) mit ihrer speziellen Chemie.

Sie sind u. a. in Böden und Gülle von großer Bedeutung für das Nährstoffmanagement als Speicher, Transportmedium und Vermittler an die Mikrobiologie.

Beispiele sind u. a. Kieselsäuren/Silikate, Tonerden, Eisenoxydhydrate, Tonmineralien, Huminsäuren/Humate, Ton-Humus-Komplexe.

Im Agrarkreislauf gehören eine intakte Kolloidbilanz und gesunde Mikroorganismen zusammen.

Kolloide verbrauchen sich auch im Lauf der Zeit, weil sie sich chemisch verändern, feste Bindungen mit der Umgebung eingehen oder ausgeschwemmt werden. Oft genug wird der optimale Kolloidbedarf z. B. im Boden durch natürliche Prozesse nicht ausgeglichen. Eine Zufuhr von außen ist dann sehr nützlich.

Quellen für Mineral- und Humus-Kolloide sind Urgesteinsmehle bzw. Schwarztorf und Leonardit. Sie werden sehr erfolgreich weltweit bei der Bodenverbesserung, Kompostierung, Güllebehandlung und Biogaserzeugung eingesetzt, aber auch als Heilerden für Mensch und Tier.

Allerdings sind Kolloide empfindlich gegenüber falscher Behandlung und verlieren dann teilweise oder ganz ihre Wirksamkeit.

Ein paar Überlegungen zur Herstellung und optimalem Einsatz von Kolloiden in der Landwirtschaft (sog. Agro-Kolloide) im Hinblick auf Wirkungssteigerung und Kostenersparnis werden hier vorgestellt.

**Intakte Kolloidbilanz => gesunde Mikrobiome =>
=> gesunde Böden
=> gesundes Futter
=> gesunde Verdauung
=> gesunde Gülle =>
=> gesunder Dünger**

2 Anwenderhinweise

Viele Produkte wirken umso besser, je feiner sie verteilt und aufgeschlossen werden.

Wenn z. B. trockene Gesteinsmehle unmittelbar in eine mehr oder weniger zähe Gülle mit ihren Schleimstoffen eingerührt werden, ist es sehr die Frage, ob sich auch wirklich die einzelnen Teilchen voneinander trennen.

Erst dann ist nämlich eine rasche und volle Wirksamkeit gegeben. Wenn das Gesteinsmehl kleine Klümpchen bildet, hört sich das zwar im ersten

Moment undramatisch an, reduziert dennoch die Wirksamkeit drastisch.

Ein Aufschlämmen der Gesteinsmehle in entmineralisiertem Wasser/Regenwasser ist vor Anwendungen bei Bodenverbesserung, Güllebehandlung, Kompostierung vorteilhaft. Die Wirkstoffe dringen z. B. wesentlich tiefer in den Boden ein bzw. werden wesentlich homogener verteilt.



Abb. 1, Lavagestein, Lavasand, Lavamehl, Lavamehl in Regenwasser aufgeschlämmt

Der trübe Überstand enthält vor allem die Wirkstoffe der Lava in höchstmöglicher Feinverteilung, die damit im Gegensatz zur trockenen Anwendung besonders effektiv und rasch wirken.

Sorgfältig hergestellte Kolloide sind bereits bei kleinen Substanzmengen sehr effektiv. Die Einsatzmengen sind daher deutlich kleiner als bei trockener Anwendung.

Viele Flüssigpräparate zur Biostimulation etc. basieren auf kolloidal verteilten Wirkstoffen (z. B. Huminsäuren/Humaten, Kieselsäuren/Silikaten). Diese Präparate müssen meist mit Wasser stark verdünnt werden.

Wasserqualität und Kolloidbildung

Für eine maximale Ausnutzung solcher Produkte eignet sich am besten entmineralisiertes oder zumindest sehr weiches, neutral bis leicht basisch reagierendes Wasser. Dadurch wird eine „Klumpchenbildung“ der kolloidalen Wirkstoffe und damit eine Abnahme der Wirksamkeit der Präparate vermieden.

Regenwasser ist ideal zur Aufbereitung z.B. von Spritzbrühen oder Zuschlagstoffen bei der Bodenverbesserung oder Güllebehandlung.

Sauberes Regenwasser ist eine äußerst wertvolle Ressource!

Sammeln von sauberem Regenwasser:

Nur bei stärkeren Regengüssen sammeln, Luft und Sammelflächen müssen erst sauber gespült werden.

Gelöste Calcium-Ionen verursachen „Klumpchen“-Bildung bei der Auflösung vieler Agrarhilfsmittel

in Wasser, die dadurch an Wirksamkeit verlieren, z.B. Spurenelement-Salze.

Daher beim Ansetzen von wässrigen Aufschwemmungen kein hartes Wasser verwenden und auch nicht mit Lösungen von calcium-haltigen Düngern z.B. (Ca-Nitrat) mischen.

Viele Kolloide bilden auch in Kombination mit sauren Medien Klumpchen und verlieren dadurch erheblich an spontaner Wirksamkeit.

„Nicht verträgliche“ Produkte besser nacheinander in angemessenem zeitlichem Abstand ausbringen.

Es kann dabei sogar die Reihenfolge der Produktanwendungen wichtig sein.

Wenn sich kritische Mischungen nicht vermeiden lassen:

Mischungen erst unmittelbar vor der Ausbringung ansetzen.

Je länger so ein Ansatz herumsteht, umso größer ist die „Klumpchen“-bildung und Deaktivierung.

3 Agro-Kolloide selbst herstellen

Kolloide kurz gefasst:

Kolloidteilchen sind typischerweise über 100 x bis 1.000 x kleiner als die Korngrößen in fein gemahlene Gesteinsmehlen.

Kolloidteilchen weisen daher von allen Bestandteilen der Bodenstruktur die größten spezifischen Oberflächen auf:

bis zu **1000 m²/Gramm (1 Million Quadratmeter/Kilogramm)**;

ultrafeine Gesteinsmehle hingegen nur ca. **10 m²/Gramm (10.000 m²/Kilogramm)**.

1 Gramm Mineral-Kolloidteilchen hat mehr aktive Oberfläche als 10 kg gewaschener grobkörniger Sand: Faktor 10.000!!

Kolloide aus Gesteinsmehlen selbst herstellen und vergleichen:

Kolloidlösungen werden durch intensives Aufschlännen der Gesteinsmehle etc. in entmineralisiertem Wasser bzw. Regenwasser hergestellt.

Dadurch werden die fest an größeren Gesteinskörnern anhaftenden Kolloidteilchen abgewaschen bzw. die Verklumpungen von Kolloidteilchen aufgelöst.

Damit steigt die Wirksamkeit der Inhaltsstoffe entscheidend.

Untersucht wurden Mineralmehle aus Lava, Basalt, Diabas, Zeolith verschiedener Hersteller. Probenanteile, die sich selbst nach 24 h Standzeit und länger nicht absetzen, werden als mineralische Kolloide bezeichnet.



Abb. 2, verschiedene Gesteinsmehle in Regenwasser aufgeschlännt

Kolloidaler Überstand nach Absetzdauer 24 h

Von links: Zeolithmehl Diabasmehl Lavamehl Basaltmehl

Alle Suspensionen reagieren basisch mit pH-Werten im Bereich 8 – 9.

Vulkansande mit Siebung 0/2 (z. B. Sandilit) weisen teilweise höhere Kolloidgehalte auf als übliche Gesteinsmehle.

Nach dem Aufschlännen setzen sich die größeren Teilchen bereits innerhalb der ersten zwei Stunden ab.

Der Kolloidanteil ist an einer starken Trübung des Überstandes erkennbar, die im Falle von Regenwasser auch über lange Standzeit von 24 Stunden und mehr praktisch unverändert bleibt.

Der wesentliche Anteil der Kolloide sind dispergierte Verwitterungsprodukte.

Die so gewonnen stabilen Kolloidlösungen zeigen auch in hoher Verdünnung hervorragende Wirkung bei Spritzbehandlung von Pflanzen, bei der Zugabe zur Gülle und bei der Bodenverbesserung.

Mit deutlich weniger Materialaufwand kann eine höhere Wirkung als bei trockener Anwendung der Gesteinsmehle erzielt werden.

Deaktivierung von Kolloiden

Kolloidteilchen können durch verschiedene Einflüsse wieder verklumpen und dadurch ausflocken/ausfallen und deaktiviert werden.



Abb. 3, Aufschwemmung von Gesteinsmehlen in mittelhartem Leitungswasser

Wasserversorgung Grassau/Chiemsee: PH-Wert 7,5, Carbonathärte 13,4°dH, Mineralgehalt 0,388 g/L.

Material (von links):

Zeolith Diabas Basalt Lava Mehle

Zum Vergleich: rechts hinten, stabiles Kolloid aus Diabas-Mehl in Regenwasser.

Bei Ansetzen der Aufschlammung mit hartem Wasser bilden sich keine langzeitstabilen Kolloide. Bereits nach 1 – 2 Stunden ist kaum mehr Kolloidtrübe im Überstand erkennbar.



Abb. 4, Zugabe eines löslichen Calcium-Düngers (Ca-Nitrat) zu den Kolloiden

von links:

Zeolith- Diabas- Basalt- Lava-Mehle

Bereits nach 2 Stunden sind die Kolloide weitgehend zusammengebrochen, das Material sedimentiert und ist als hellerer Niederschlag erkennbar.

Zum Vergleich: rechts hinten, stabiles Kolloid aus Lava-mehl und Regenwasser.



Abb. 5, Zugabe einer Säure zu den Kolloiden

von links:

Lava- Diabas- Basalt- Zeolith-Mehle

In all diesen Fällen beginnt das Kolloid bereits nach 1 – 2 Stunden zusammenzubrechen, das Material sedimentiert und ist als hellerer Niederschlag auf dem Bodensatz erkennbar.

Zum Vergleich: rechts hinten, stabiles Kolloid aus Zeolith-mehl und Regenwasser.

Für einen optimalen Effekt sollen die Mineral-Kolloide also nicht mit hartem oder saurem Wasser angesetzt werden bzw. nicht mit calciumhaltigen oder sauren Lösungen vermischt werden.

Humus-Kolloide

Natürliche Quellen für Huminsäuren/Humate in höherer Konzentration sind z. B. Schwarztorf und organischer Leonardit (geologisch gebildeter Humus).

Handelsüblicher Leonardit ist meist mit einer Vielzahl von Mineralien vermischt, die neben den

Huminsäuren ebenfalls in Kolloidform übergehen können, z. B. Kieselsäuren.

Um eine reine Humusreaktion zu demonstrieren, wurde für den Versuch mineralarmer Hochmoor-Schwarztorf verwendet.

Zur besseren Vergleichbarkeit mit den Gesteinsmehlen wurde die Aufschlammung mit Regenwasser durch geringe Alkalizugabe auf pH-Wert 9 eingestellt.

Es bildet sich ein langzeitstabiles Humus-Kolloid, was man an der intensiveren Braunfärbung des Überstandes erkennen kann (Abb. 6, links).



Abb. 6, Reaktion der Kolloidlösung bei Zugabe von sauren oder calciumhaltigen Lösungen

von links nach rechts:

Originales Humus-Kolloid, langzeitstabil, pH 9

Humus-Kolloid bei Zugabe einer calciumhaltigen Lösung

Humus-Kolloid nach Ansäuern

Fazit

Ähnlich wie bei den Mineral-Kolloiden etc. findet auch bei den Humus-Kolloiden bei Vermischen mit Calciumsalzen bzw. mit sauren Medien bereits nach 1–2 Stunden Destabilisierung und eine sehr deutliche Fällung statt.

Der ausgeflockte Bodensatz besteht aus Calcium-Humat, bzw. ausgeflockten Huminsäuren.

Für einen optimalen Effekt sollen Humus-Kolloide z. B. mit mineralarmem Regenwasser o. ä. angesetzt bzw. verdünnt werden. Hartes oder saures Wasser bzw. Vermischen

mit calciumreichen oder sauren Lösungen sind kontraproduktiv.

Hinweis

An dieser Stelle werden keine Empfehlungen für bestimmte Produkte und deren Anwendungsweisen gegeben, weil der Erfolg zu sehr von Details der unterschiedlichen Zusammensetzungen der Materialien (u. a. je nach Gesteinsart, Herkunftsort, Herstellungsverfahren) abhängen.

Hier hilft der/die örtliche Agrarberater/in weiter.

4 Praktische Ergebnisse

In den verschiedenen Gesteinsprodukten sind die eigentlichen Wirkstoffe nicht die Gesteinskörner selbst, sondern vor allem die bereits vorhandenen Verwitterungsprodukte des Gesteins wie Kieselsäuren/Silikate, Tonerdehydrate, Eisenoxid-Hydrat, Tonminerale in Kolloidform, sowie Spurenelemente usw.

Der kristalline Grobanteil der Mehle und Sande ist nicht nutzlos, sondern wirkt z.B. bei der Bodenverbesserung als mittel- und langfristige Mineralreserve, die erst im Lauf der Zeit durch Verwitterung freigesetzt wird.

Die Wirkung von Humus-Kolloiden wird u.a. von den makromolekularen Huminsäuren bestimmt (als freie Huminsäure bzw. als Kalium-Humate).

Nutzböden und Gesteinsmehle

Zu wenig Kolloid ist schlecht, weil u.a. der wichtige Nährstoffübertrag zwischen Bodenstruktur und Bodenleben behindert ist.

Eine Erhöhung von Düngerzugaben als Ausgleich hierfür ist natürlich wenig sinnvoll.

Zu viel Kolloid ist aber auch schlecht, weil das Porensystem des Bodens verstopft (Verschlammung).

Die weitreichende Versorgung mit Wasser und Luft im Boden funktioniert nicht mehr und darun-

ter leiden die Lebensprozesse („Thrombose“ in den Bodenporen).

Hinweis

Kolloidchemismen sind extrem vielfältig und komplex hinsichtlich der unterschiedlichsten Materialien, auf denen sie basieren, bzw. den Mechanismen, die solche Kolloide stabilisieren oder auch destabilisieren können.

Die hier vorgestellten Verhaltensweisen von kolloidalen Aufschwemmungen von Urgesteinsmehlen und Humusprodukten können also in keiner Weise unbesehen auf andere, unbekanntere Kolloide verallgemeinert werden.

Gerade Natur-Kolloide setzen sich meist aus unterschiedlichsten Komponenten zusammen.

Solche Kolloide können untereinander reagieren und neue Stoffe bilden bzw. sich an andere Schwebstoffe in einer Suspension anlagern und zusammen mit diesen ausflocken, was im Einzelfall durchaus gewünscht sein kann, z.B. bei der Güllebehandlung.

Es gibt aber auch den umgekehrten Fall, dass Kolloide durch Reaktion mit anderen, sog. Schutz-Kolloiden, gegen Ausflockung stabilisiert werden. Hier ist also ein äußerst weitläufiges Betätigungsfeld für Praktiker und Theoretiker in der Landwirtschaft gegeben.

5 Kolloidmaterialien

Gesteinsmehl

Nach Angaben der meisten Hersteller wirken Urgesteinsmehle wie Basalt, Lava, Diabas in Boden und Gülle über die Zufuhr von Kieselsäuren, Mikronährstoffen und Spurenelementen.

Diese Komponenten liegen aber im eigentlichen Gesteinskorn als Mineral (z.B. Feldspat) chemisch fest gebunden vor und sind für viele biologische Prozesse nicht unmittelbar verwertbar.

Es bildet sich aber im Lauf der Zeit auf solchen Gesteinskörnern eine Verwitterungsschicht, wodurch Kieselsäuren, Tonerden, Mikronährstoffe, Spurenelemente chemisch mobilisiert werden. Diese Verwitterungsmaterialien können sich in feuchter Umgebung allmählich vom Gesteinskorn ablösen und sich als freies Kolloidmaterial anreichern.

Obwohl solche Kolloidbestandteile meist nur einen geringen Gewichtsanteil am Gesteinsmehl haben, so bestimmen sie doch weitgehend das Nährstoffmanagement im Boden.

Die Ursache hierfür sind die extrem großen spezifischen Oberflächen von Kolloidmaterialien.

1 Gramm Verwitterungs-Kolloide weisen mehr spezifische Oberfläche und damit mehr chemische Wirksamkeit auf als 10 Kilogramm gewaschener grobkörniger Mineralsand (Faktor 10.000)!

Kieselsäuren $\text{Si}(\text{OH})_4$

Alle reden von den Huminsäuren, aber kaum jemand von den Kieselsäuren.

Dabei kann man ihre Wirkung auf das Bodenleben und damit auf die Humusbildung kaum überschätzen.

Urgesteinsmehle bestehen weitestgehend aus Silikat-Mineralien, die in Gegenwart von Wasser langsam durch Verwitterung abgebaut werden und dabei u.a. Kieselsäure freigegeben.

Kieselsäure hat z. B. im Boden mehrfache Funktionen in kolloidaler Form als Kationenaustauscher/Nährstoffspeicher, aber auch als Mikronährstoff, den viele Organismen z.B. zum Aufbau des Zellgerüsts (beim Schachtelhalm, Brennesseln, Kieselalgen) verwenden.

Kieselsäure mobilisiert weiterhin im Boden festgelegten Phosphor und macht ihn dadurch pflanzenverfügbar.

Freie bzw. amorphe Kieselsäuren in Kolloiden haben nur formal mit Quarz zu tun. SiO_2 als Quarz ist kristallin und extrem verwitterungsbeständig.

Reine Quarzsande wirken daher im Boden nur als Strukturkomponente.

Bezeichnungen wie „Quarz“-Präparate oder „Quarz-Sande“ zur Aktivierung, Biostimulation in der Landwirtschaft sind letztlich ein Widerspruch in sich.

Es handelt sich dabei immer in irgendeiner Form um kolloidale Kieselsäuren oder Silikate aus Verwitterungsvorgängen von was auch immer, aber sicher nicht von kristallinem Quarz.

Synthetische Kieselsäure-Kolloide

Das sog. Wasserglas (Alkali-Silikatlösung) ist ein flüssiges Industrieprodukt für die unterschiedlichsten Anwendungen.

Anno Tobak hat man Eier durch Einlegen in eine Wasserglaslösung (Kieselsäure-Sol) haltbar gemacht (sog. Sol-Eier).

Bei einer einfachen Alkali-Silikatlösung können chemisch einzelne Moleküle zu wesentlich größeren Molekülen verknüpft werden (Polymerisation, Cluster, Makromoleküle) und dann als Kolloid wirken. Nimmt die Teilchengröße durch Wasserverlust immer noch weiter zu, dann bildet sich ein lockeres, sehr leichtes, glasschaumartiges Aggregat.

Solche ausgefällten Kieselsäureaggregate bilden hochporöse amorphe Netzwerke aus Kieselsäuren und amorphem Siliziumdioxid. Dieses Material ist Ausgangsstoff für die unterschiedlichsten technischen Anwendungen. Sie können u.a. bei hohen Temperaturen weitgehend entwässert werden und wirken mit ihren

großen spezifischen Oberflächen z.B. als Trocknungsmittel (Silicagel). Auch als Bodenzuschlag sind solche Materialien ähnlich wie Pflanzenkohle einsetzbar. „Kieselsäurepräparate“ werden auch als Heilerden angewendet.



Abb. 7, Kieselsäure-„Glasschaum“ aus der Reaktion von Wasserglas und Säure.



Abb. 8, Herstellung eines Kolloids aus weißem Calcium-Silikat (rechts) aus Wasserglas, Regenwasser und Ca-Nitrat-Lösung

Calcium-Silikat liegt auch im sog. Hüttenkalk vor, der u.a. als langsam wirkender Calcium- und Kieselsäure-Dünger eingesetzt wird (u.a. zusammen mit phosphatreichem Thomaskalk).

Tonerde-Hydrat $\text{Al}(\text{OH})_3$, Eisenoxid-Hydrat $\text{FeO}(\text{OH})$

Aluminium ist neben Silizium in vielen Urgesteinen und Mineralien (sog. Alumo-Silikate) als wesentliche Komponente enthalten. Weiterhin finden sich auch beachtliche Anteile an Eisen in vielen Silikaten.

Dementsprechend sind auch Anteile dieser Elemente in den Verwitterungsprodukten solcher Gesteine in Form von hydratisiertem Tonerdehydroxid $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ und Eisenoxid-Hydrat zu erwarten, die als Kolloidbildner wirken. Diese Verbindungen sind insofern interessant, als sie Anionenaustauschfähigkeit besitzen können.

Die „Lebensdauer“ dieser Kolloide ist in vielen Böden aus verschiedenen Gründen oft begrenzt, was aber nicht heißt, dass sie unwichtig sind, sondern auf deren Nachlieferung besonders zu achten ist.

Interessant sind dabei auch Assoziate aus Kolloiden von Tonerde-Hydrat und Kieselsäure, die wegen großer spezifischer Oberflächen über hohe Austausch-Kapazitäten verfügen, sowohl anionisch als auch kationisch.

Verschiedentlich bilden solche Materialien sogar Lagerstätten aus dem Mineral „Allophan“.

Tonminerale und Lehm

Tonminerale (wesentlicher Bestandteil von Lehm) sind Alumosilikate wie z. B. Zeolith, allerdings mit einer Schichtstruktur, die unter bestimmten Bedingungen eine Zerlegung der Tonmineral-Teilchen in extrem dünne Lamellen erlaubt. Solche Tonminerale bilden daher relativ leicht Kolloide mit hoher spezifischer Oberfläche und damit gekoppelt mit hoher Ionenaustauschfähigkeit (vorwiegend kationisch, Anionenaustauschzentren sind aber vorhanden).



Tonminerale bilden sich aus Verwitterungsprodukten u. a. von Feldspäten und vulkanischen Aschen. Ein Reaktionspfad läuft dabei u. a. über Kieselsäuren und Tonerde-Hydrate.

Tonminerale können durch Kopplung über mehrwertige Kationen (Calcium, Eisen) Assoziate mit Humuskomponenten eingehen und bilden dann die sog. Ton-Humus-Komplexe.

Diese wirken als eine Art Basisbauelement für die Bodenarchitektur.

Durch Verknüpfen von einzelnen Ton-Humus-Paketen über Calcium und Eisen bilden sich größere Bodenaggregate mit hohem Porenanteil. Die Mikro-Bodenstruktur kann dabei vom Bodenleben lokal wieder aufgelöst und die Bausteine neu arrangiert werden. Die Bodenmikrostruktur kann sich so flexibel an das Wachstum anpassen.

Zeolith und Bentonit

Besonders große spezifische Oberflächen haben Zeolithe und Tonminerale wie Bentonit. Beide sind sog. Alumosilikate mit den wesentlichen Verwitterungsprodukten Kieselsäuren und Tonerde.

Abb. 9, Zeolithkies, Zeolithmehl und Aufschlammung in Regenwasser.

Zeolith besteht ähnlich wie Pflanzenkohle aus porösen Partikeln und hat ausgeprägte Sorptionswirkung (Heilerde!).

Zeolith enthält zu einem großen Teil sog. Nanoporen, die vorwiegend als „Molekularsieb“ wirken, d.h. nur Ionen bzw. kleinere Moleküle wie z.B. Wasser, Ammoniak, kleine organische Verbindungen können eindringen und gespeichert bzw. ausgetauscht werden.

Solche Nanoporen können von Mikroorganismen nicht besiedelt werden.

Nur größere Poren des polykristallinen Korngefüges sind besiedelbar.

Bentonite sind Ton-Mineralien (s.o.) mit aufquellbarer Schichtstruktur.

Die Abstände zwischen den Schichten können aufgeweitet und Wasser und andere Verbindungen eingebaut werden.

Es können sich bei bestimmten Bentoniten auch einzelne Tonmineral-Lamellen (Dicke 1 nm) ablösen. Damit ergeben sich große spezifische Oberflächen.

Viele Bentonite wirken daher als effektive Ionenaustauscher (und als Heilerde).

Humuskolloide

Dauerhumuskonzentrate wie Torf und Leonardit sind bei sachgerechter Anwendung „Humusmultiplikatoren“, die bei humusarmen Böden die Biomasseerzeugung bei geringem Stoffeinsatz schnell anheben können und damit die Grundlage für eine nachhaltige Kompostwirtschaft mit einer ausgeglichenen und stabilen Humusbilanz legen. Die Ökobilanz rechnet sich und der Biomassezugewinn in der Anfangsphase ist beträchtlich.

Unter Dauerhumus versteht man die Humusanteile, die durch das Bodenleben nicht mehr

ohne Weiteres als Nährstoff verwertbar sind. Sie entsprechen damit den Ballaststoffen in der menschlichen und tierischen Ernährung.

Dauerhumus bzw. Ballaststoffe wirken vorwiegend als Substrate für mikrobielles Leben (Darmflora, Boden-Mikrobiom) im jeweiligen Organismus und sind daher für dessen Funktionieren und damit für die Gesundheit für Boden, Tier und Mensch entscheidend..

Ohne gesundes Mikrobiom kein gesunder Organismus, sei es Boden, Tier oder Mensch.

Trotz seines relativ kleinen Anteils an der Bodenmasse ist Dauerhumus sehr wichtig als Nährstoffspeicher, -transportmedium und insbesondere als Nährstoffvermittler an das Boden-Mikrobiom. Dies deshalb, weil Humus als ehemalige Biomasse auf molekularer Ebene über seine Kohlenstoffchemie mit lebender Biomasse (Mikroorganismen etc.) sehr effektiv, z.B. beim Nährstoffübertrag, wechselwirken kann.

Torf

Mineralreicher Niedermoortorf reagiert schwach sauer bis neutral und ist damit unmittelbar pflanzenfreundlich.

Die meisten Niedermoorböden sind ertragreich und wurden daher nach Entwässerung unmittelbar in landwirtschaftliche Nutzung genommen.

Hochmoorschwarztorf, bzw. der übliche Gartentorf reagieren deutlich sauer, worüber sich unmittelbar nur spezialisierte Moorpflanzen freuen.

In Kombination mit basischen Bodenkomponenten ergibt sich allerdings ein sehr wertvolles Pflanzsubstrat.



Abb. 10, Niedermoortorf vom Moorrand der Kendlmühlfilzen/Südliche Chiemseemoore.

Torf wurde schon vor hundert Jahren in vielen landwirtschaftlichen Bereichen angewendet, wo heute Leonardit eingesetzt wird. Insbesondere die Stallhygiene einschließlich der Geruchsvermeidung, sowie die positive Auswirkung auf die Verdauungsprozesse des Viehs und die Herstellung leistungsfähiger Wirtschaftsdünger durch Förderung der Mikrobiologie waren bekannt. Insbesondere die Pferdehaltung (Kavallerie) war daran aus Gründen einer zuverlässigen Einsatzbereitschaft interessiert.

Leonardit

Im strengen Sinn ist Leonardit ein weitgehend rein organisches Humifizierungsprodukt ehemaliger Biomasse, das von der Entwicklungsgeschichte her zwischen Torf und Braunkohle steht und in sehr konzentrierter Form Huminsäuren/Humate enthält.

Es überrascht daher nicht, dass Leonardit viele agrarische Anwendungen findet, für die früher Torf in seinen verschiedenen Formen verwendet wurde.

Beispiele sind u.a. aus veterinär-hygienischen Gründen Viehfutterzuschlag, Einstreu, Güllebehandlung, aber auch verschiedenste Kompostier-techniken zur Herstellung unterschiedlichster Formen von Wirtschaftsdünger.

Reiner Leonardit kann deutlich sauer (pH 3-4) reagieren und würde dadurch als Bodenzuschlag ähnliche Probleme verursachen wie saurer Hochmoortorf.

Der im Handel angebotene „Leonardit“ ist jedoch meist ein geologisch gewachsenes Gemenge aus organischem Humus und einem deutlichen Anteil an Mineralien („kondensierter Niedermoor-Torf“).

Vorteile dieses Mineral-Leonardits sind u.a.:

- ◆ Hohe Basensättigung, der pH-Wert ist mit 6-7 ideal pflanzenverträglich.
- ◆ durch die speziellen Lagerstättenbedingungen konnten sich über geologische Zeiträume vorteilhafte organisch-mineralische Verbindungen bilden, z.B. Vorstufen von Ton-Humus-Komplexen.
- ◆ hoher Anteil an „kolloidfähigen“ organischen und anorganischen Substanzen.

Die hervorragenden agrarischen Eigenschaften solcher Mineral-Leonardite u.a. als Bodenverbesserer werden also zu einem nicht unwesentlichen Teil durch Mineralien verursacht: Die Mischung macht's!



Abb. 11, Mineral-Leonardit für die Bodenverbesserung, Kompostierung, Güllebehandlung

Alkalische Auszüge von Leonardit werden im Handel u.a. als flüssiger Humus angeboten und enthalten angereichert Huminsäuregruppen

(Humate) in molekular-disperser Form (peptisiertes Kolloid).



Abb. 12, Vergleich von Leonardit-Suspensionen bei unterschiedlichen pH-Werten.

Aufschlammung des Mineral-Leonardits
Absetzdauer 24 Stunden.

A, nur mit Regenwasser, pH-Wert der Suspension ca. 6,3.

B, mit Regenwasser, zusätzlich alkalisch eingestellt auf pH 8,5-9.

Im Überstand B ist deutlich mehr dunkelbraunes Huminsäurekolloid gelöst als bei A.

C, Leonardit Ausgangsmaterial

6 Aktivieren, Biostimulieren, Informieren

Diverse agrarische Produkte und Verfahren zur Sanierung und Leistungssteigerung z.B. von Böden oder in der Viehhaltung arbeiten mit Begriffen wie „aktivieren“, „biostimulieren“, „informieren“ bzw. verweisen auf besondere „feinstoffliche“ Zustände der verwendeten Materialien hin, auch wenn es sich im ersten Moment um recht gewöhnliche Stoffe handelt.

In den meisten Fällen ist der reale Hintergrund die Anwesenheit von entsprechenden Kolloiden mit Teilchengrößen im Nanometerbereich, die u.U. im ersten Moment wie klares Wasser aussehen können und man daher deren objektive Wirkung mit „geistigen“ Zuständen der Materie erklärt. Es sind aber nach wie vor ganz irdische Materialien, nur halt extrem feinteilig (Kolloid, Cluster), was in der Natur sehr häufig vorkommt.

Mit dem kolloidalen Zustand wiederum sind sehr große spezifische Oberflächen und Chemismen verknüpft und damit verbunden eine hohe Wirksamkeit.



Gängige Kolloidmaterialien sind in diesem Zusammenhang Kieselsäuren/Silikate, Tonerden, Tonmineralien oder organische Humusverbindungen wie z.B. Huminsäuren/Humate, die u.a. als „flüssiger Humus“ angeboten werden.

Die „Aktivierung“ poröser Materialien wie Pflanzenkohle oder offenporiger Keramik-Materialien ist nichts anderes als das Überziehen der Porenwände z.B. mit anorganischen und organischen Kolloiden mit anschließender Besiedlung durch Mikroorganismen wie es ähnlich in normalen Böden durch die Ausbildung von bioaktiven Porensystemen über die räumliche Vernetzung von Ton-Humus-Komplexen geschieht.

Nicht umsonst entwickelte sich die Terra-Preta-Kompostierung gerade in den südamerikanischen Regenwäldern, wo durch hohe Temperaturen und hohe Regenmengen die nützlichen Tonanteile der Naturböden schon lange ausgewaschen waren und Holzkohle und Keramikscherben als Ersatzbodenbildner wirkten.

Abb. 13, die Wundermaterialien aus dem Urwald:

Holzkohle und Keramikfragmente der Tag- und Nachtgeschirre der Ureinwohner (hier: offene, nicht frostbeständige Blumentopfkeramik). Die agrarisch effektivste Biokohle auf Basis pflanzlicher Biomasse ist die Torfmoose.

Natürliche Kolloide

Die sog. Gletschermilch im Gebirge ist nichts anderes als eine intensive Aufschwemmung des vom Gletscher zerriebenen Gesteins im mineralarmen Schmelzwasser.

Gletscherrandseen sind wegen der Kolloid-

bestandteile auch weit von der Zulaufstelle entfernt oft noch ungewöhnlich trübe.

Bei der Frühjahrsschmelze gelangen kolloidreiche Gebirgswässer in turbulenter Strömung rasch in tiefere Lagen.

Letztlich kann man daher bei den informierten rotierenden (eindrehenden) Wässern und Strudeln (Vortex) vom Viktor Schaubberger* das Wirken von verdünnten Kolloiden vermuten.

Er hat ja seine Beobachtungen vor allem im Gebirge gemacht.

Gemäß der von ihm und Anderen getroffenen Aussagen funktionieren basische Wässer beim „Informieren“ besser als saure oder harte und wenn man genug wirbelt und strudelt, dann wird das Wasser trüb, genauso wie man es bei der Aufschlämmung von Gesteinsmehlen beobachtet.

Der Gasgehalt (Sauerstoff, Kohlensäure) spielt dabei ebenso eine Rolle wie die Wechselwirkungen des Wassers mit dem Bachbett, bzw. mit der Gefäßwand des Strudelgerätes (Erzeugung eines elektrischen Strömungspotentials).

Kieselsäuren und andere „kolloidfähige“ Substanzen sind in vielen Oberflächenwässern, Trink- und Heilwässern vorhanden.

Eigentlich kann man sich bei allen Inhaltsstoffen von Wässern fragen, ob sie als echte Lösung oder als wasserhaltige amorphe Kolloidteilchen (Cluster) oder in klassischer Kristallform vorliegen (z. B. auch Kalk bzw. Calciumcarbonat, bzw. Calciumhydrogencarbonat).

Diese verschiedenen Erscheinungsformen eines Stoffes können sich häufig auch ineinander umwandeln. Hierauf beruhen verschiedene Verfahren zur Vermeidung von Kalkablagerungen (kristalliner Kalk) in Wasserleitungen.

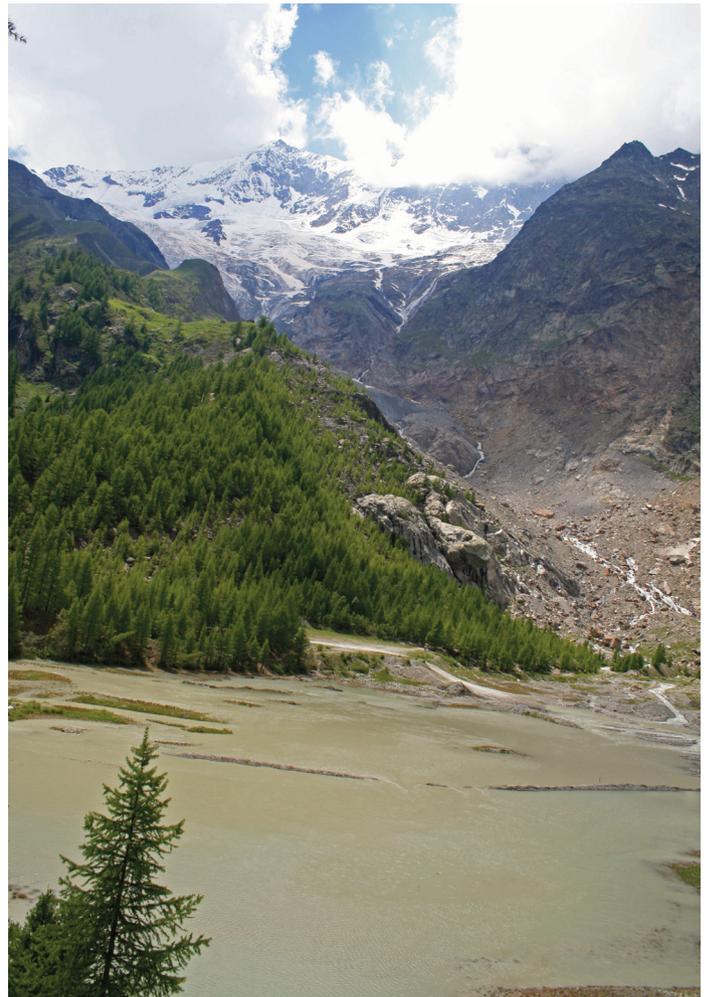


Abb. 14, „Mineral-Kolloid-See“:

durch mineralreichen Schmelzwasserzulauf aus dem Gletscherbereich, sog. "Gletschermilch".

*u. a. Erfinder des CO₂-freien Öko-Höchstleistungsantriebs „Repulsine“.

Die Aufspaltung von geeigneten Stoffen in Kolloide durch intensive Scherströmungen bzw. Turbulenzen in Flüssigkeiten ist lange bekannt und wird technisch weitläufig eingesetzt. Im Bauwesen werden z.B. Bentonit-Tone mit Was-

ser mittels sog. Kolloidalmischer für die verschiedensten Zwecke kolloidal aufbereitet. Diese Geräte basieren auf unterschiedlichen Prinzipien der Strömungserzeugung (Paddelmischer, Injektoren etc.).



Abb. 15, Handelsüblicher Venturi-Mischer für die landwirtschaftliche Bewässerungstechnik.

(Injektor-Prinzip)

Durch die intensive Scherströmung des Wassers an der Düsen einschnürung/seitlicher Zulauf können auch **Kolloide** erzeugt werden.

Wem diese Erklärungen in Sachen informiertes Wasser zu banal sind, der kann es ja mit den jüngst diskutierten „Nano-Bubbles“-Kolloiden versuchen, die komplementär zu den Aerosolen aus nanometergrossen Gasbläschen in Wasser bestehen. Diese bilden sich ebenfalls durch turbulente

Strömungen und können apparativ gezielt erzeugt werden.

Verschiedene Fachveröffentlichungen weisen auf eine positive Wirkung der wässrigen „Nano-Bubbles“-Kolloide auf verschiedene Agrarprozesse hin, z. B. auf die Keimung von Pflanzensamen.

7 Pflanzenjauchen und die Gülle

In renommierten Gartenzeitschriften wird gelegentlich auf die (altbekannte) hervorragende Wirkung z.B. von Brennnesseljauche hingewiesen und Empfehlungen für deren optimale Herstellung gegeben.

Auch ein paar Bemerkungen über die entschärfte Version, nämlich die Brennnesselbrühe (= Tee), werden gemacht.

Für die Brennnesseljauche wird insbesondere empfohlen:

- ◆ Regenwasser verwenden,
- ◆ frische Brennnesseln verwenden,
- ◆ Zugabe von Gesteinsmehl zur Geruchsminderung,
- ◆ einmal täglich mit Stab vorsichtig umrühren,
- ◆ „Ziehenlassen“ des Ansatzes **unter luftdurchlässiger Abdeckung** über 10-14 Tage.

In verdünnter Form ergibt sich ein sehr effektives Gieß- und Spritzmittel mit vielerlei Wirkungen, die routinemäßig auf hohe Gehalte an Stickstoff, Kalium und Kieselsäure zurückgeführt werden.

Aber: kein Wort von Mikroorganismen und deren Enzymen bzw. sonstigen neu gebildeten Inhaltsstoffen, sowie der Übertragung hocheffektiver Mikroorganismen in den Boden bzw. auf die Pflanzen zur Intensivierung der Lebensprozesse, bzw. Immunisierung gegen schädliche Einflüsse.

Stattdessen wird die sog. Brennnesselbrühe (= Tee) für geruchsempfindliche und zartbesaitete Großstadtnaturen diskutiert, die mit folgenden Besonderheiten glänzt:

- ◆ Brennnesselansatz nur über Nacht „Ziehen lassen“,
- ◆ danach eine halbe Stunde köcheln lassen.
- ◆ Das Gebräu rasch verwenden, es könnte ja schlecht werden.

Motto: gib keiner Mikrobe auch nur die geringste Chance, einen Beitrag zu liefern.

Mit Verwunderung wird dann festgestellt, dass dieses Süppchen kaum eine Wirkung hat, obwohl ja die Inhaltsstoffe der Brennnessel drin sein sollten.

Ergo: offensichtlich tut sich in der Jauche schon etwas mehr als nur das „Ziehen lassen“.

Es ist eher ein durch Mikroorganismen verursachter Entwicklungs- und Reifungsprozess.

Dabei dämpft das Gesteinsmehl vordergründig nicht nur Gerüche, sondern liefert hintergründig über seine Kolloide im Regenwasser die Kulisse für ein perfektes Funktionieren „gesunder“ Mikroorganismen.

Apropos Gülle: Man kann bequem davon ausgehen, dass der Gülle eine ähnliche Vorgehensweise wie beim Ansatz der Brennnesseljauche gut tun dürfte, z.B. eine dezente Luftzufuhr über die gesamte Lagerdauer der Gülle.

Nach dem Motto:

etwas mehr Luft

=> **mehr gesunde Mikroorganismen**

=> **bessere Düngewirkung**

=> **weniger Ammoniak, weniger Gestank!**

8 Agro-Kolloide und Mikroorganismen

Zuschlagstoffe wie Gesteinsmehle wirken wesentlich besser, wenn sie in Boden, Gülle und Komposte nicht trocken eingebracht werden, sondern einige Zeit vorher intensiv in Regenwasser aufgeschlämmt werden und durch Einrühren oder Gießen gleichmäßig ausgebracht werden.

Kolloide sind aufgrund ihrer chemischen Aktivitäten ein sehr wichtiger Bestandteil von leistungsfähigen Böden, vor allem im Hinblick auf das Nährstoffmanagement und den Nährstoffübergang auf das Bodenleben.

Die Qualität der Lebensprozesse in agrarisch bioaktiven Bereichen wie Böden, Güllen, Kompostierung, Biogaserzeugung hängt zentral von der Effizienz des Nährstoffhaushalts und Nährstoffübergabe an die lebende Umgebung, insbesondere auch an die Mikroorganismen wie Bakterien, Pilzen, Hefen etc. ab.

In vielen flüssigen Ansätzen in der Landwirtschaft wie Pflanzenjauchen, Komposttees, Güllen entwickeln sich die nützlichen Mikroorganismen wesentlich besser, wenn z. B. bestimmte mineralische oder humose Kolloide zugegeben sind.

Leistungsfähige Böden setzen ebenfalls aus diesem Grund einen ausreichend hohen Gehalt an organischen und anorganischen Bodenkolloiden voraus.

Die vielbeklagten Humusdefizite von Böden sind letztlich Kolloid-Defizite mit der Folge eines verkümmerten Boden-Mikrobioms.

Mineral- und Humuskolloide wirken mit ihrer hohen chemischen Speicherkapazität und Pufferleistung dämpfend und ausgleichend auf etwaige überschießende und aggressive chemische und

biologische Reaktionen beim Ab- und Umbau ehemaliger Biomasse in Boden, Kompost und Gülle.

Mikroorganismen fühlen sich in einer ausreichend dicken Kolloidsuppe wohl, weil sich die Nährstoffe im Umfeld der Kolloidteilchen konzentrieren.

Die Mikroorganismen können mit Kolloidteilchen und deren ausgeprägter Oberflächenchemie Stoffaustausch betreiben.

Kolloidale Humuskomponenten als Folgeprodukte ehemaliger Biomasse tun sich hier besonders leicht, mit lebender Biomasse wechselzuwirken

Zu guter Letzt:

Gesteinsmehle und ihre Verwitterungsprodukte wie Kieselsäuren finden sich übrigens in vielen sog. Heilerden, die durch Regenerieren einer positiven Darmflora diverse Magen-Darm-Probleme bei Mensch und Tier beheben können.

Ein Löffel Gesteinsmehl oder Schwarztorf (sog. Trinkmoor) oder Leonardit tut es also auch, wie seit Urzeiten bekannt ist und heute mit wachsender Begeisterung in Form von teuren Lifestyle-Heilprodukten teuer vermarktet wird.

Auch die Wirksamkeit von Mineral-, Schlamm- und Moorbädern (sog. Peloide) hängt mit den Kolloidmechanismen mineralischer und organischer Substanzen zusammen.

Eine besonders wirksame Kombination von Mineralkolloiden und Mikroorganismen stellt der seit dem Altertum bekannte organische Fango dar (siehe Wikipedia).

9 Agro-Kolloide: kleinste Teilchen, größte Flächen

Größenverhältnisse, Dimensionen

1 Millimeter (mm) = 1000 Mikrometer (μm)
= 1 Million Nanometer (nm)

Kolloide sind eine Mischung von zwei oder mehreren extrem feinverteilten Stoffen ineinander, z.B. eines Feststoffs in einer Flüssigkeit (z.B. Wasser). Entscheidend ist dabei die Teilchengröße: je kleiner, desto besser.

Die (ungefähre) untere Grenze liegt im Bereich von einem Nanometer, wo der Bereich der echten Lösungen beginnt.

In der Bodenkunde werden Verteilungen mit Teilchengrößen kleiner $2\mu\text{m}$ als Kolloid bezeichnet: es ist der Bereich der sog. Ton-Fraktionen.

Auch hier gilt: je kleiner die Teilchen, umso interessanter das chemische Verhalten.

Die meisten Bodenanalysen weisen aber leider für diesen interessanten Größenbereich der Tone und Kolloide keine Details aus, obwohl sich gerade hier Entscheidendes für die Bodenfunktionen tut.

Einige Größenvergleiche

Bakterium:	typische Länge	$<1\ \mu\text{m}$ bis $>20\ \mu\text{m}$
Hefezellen:	typische Länge	$6-12\ \mu\text{m}$
Pilz-hyphen:	Durchmesser	$1-10\ \mu\text{m}$
Feinstwurzeln höherer Pflanzen:	Durchmesser	$<1000\ \mu\text{m}$ (1mm)
Feinwurzeln	Durchmesser	$1-2\ \text{mm}$
Typische Korngröße von ultrafein gemahlene Gesteinsmehlen		ca. $5\ \mu\text{m}$

Bestandteile von Bodenkolloiden

Tonteilchen		$<0,1\ \mu\text{m}$ bis $2\ \mu\text{m}$
Huminsäuremoleküle, hydratisiert		ca. $0,01\ \mu\text{m}$ (= $10\ \text{nm}$)
Kieselsäuren (poly-), hydratisiert, amorph		$3\ \text{nm}$ bis $\gg 100\ \text{nm}$
Tonerde (Aluminiumoxidhydrat), amorph		$>3\ \text{nm}$
Allophan: Kieselsäure-Tonerde-Misch-Kolloid		$2-3\ \text{nm}$

Kolloidteilchen sind typischerweise deutlich kleiner als die Mikroorganismen und Feinwurzeln höherer Pflanzen.

Mikroorganismen fühlen sich wohl, wenn sie in einer Kolloidsuppe schwimmen, weil sich viele Nährstoffe in der Nähe von Kolloidteilchen konzentrieren.

Spezifische Oberflächen

Gedankenexperiment:

Ein Gesteinswürfel (z. B. Diabas) mit Kantenlänge 1 cm wird in immer kleinere Würfel zerlegt und

deren Oberfläche aufsummiert (sog. spezifische Oberfläche bezogen auf Volumen cm^3 , oder Gewicht g oder kg).

Kantenlänge/Einzelwürfel :	Summe Volumen	Summe Oberfläche
1 cm	1 cm^3	0,0006 m^2
10 μm	1 cm^3	0,6 m^2
0,01 μm = 10 nm	1 cm^3	600 m^2

Erst die besondere Größe der spezifischen Oberfläche von Kolloiden (= Grenzfläche/Kontaktfläche zwischen unbelebter Materie und der belebten Welt) ermöglicht einen leistungsfähigen Nährstoffübergang auf die Mikroorganismen und den damit verknüpften Folgeprozessen in Böden, Kompostieranlagen und Gülle.

Eine Klassierung der agrarischen Bodenmaterialien nach ihrer chemisch und biologisch wirksamen Oberfläche der einzelnen Fraktionen anstelle der Korngrößendurchmesser oder Sieblinien hätte sicher eine eigene Aussagekraft für agrarische Anwendungen.

Maximale spezifische Oberflächen eines Zuschlagstoffes sind aber nicht zwangsläufig der Weisheit letzter Schluss in der Agrardiskussion.

Wenn sich die spezifische Oberfläche nur aus der inneren Oberfläche eines großen Materialkorns mit hoher Porosität ableitet (Aktivkohle, Zeolithe), so sind zwangsläufig die Porendurchmesser viel zu klein (Nanometer), um von Bodenorganismen besiedelt werden zu können.

Das starre Material wirkt dann nur als Molekularsieb/Speicher für kleine Moleküle.

Größere Poren, die für Mikroorganismen besiedelbar sind, ergeben sich nur bei mikro-körnigem Gesteinsmaterial oder bei schaumartigen Strukturen (Pyrokohle, festem Kieselsäure-Gel). Die damit verknüpften spezifischen Oberflächen sind entsprechend kleiner.

Im Vergleich zu porösen, aber starren Mineralkörnern sind Kolloidmaterialien im Vorteil, weil sie aufgrund der Separation in einzelne kleinste Teilchen im Mikro- und Nanobereich flexible und damit anpassungsfähige Strukturen mit maximaler Kontaktfläche zwischen Bodenmaterie und z. B. den einzelnen Mikroorganismen ermöglichen.

10 Kolloideigenschaften sind messbar

Kolloide sind seit mehr als 100 Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Bereits damals gab es umfangreiche Veröffentlichungen zum Thema Bodenkolloide in der Landwirtschaft. Ein Motor dieses bodenkundlichen Fortschritts war seinerzeit der Zwang zur Urbarmachung von Moorflächen mit ihren extremen Humusgehalten und den damit verbundenen beachtlichen Schwierigkeiten insbesondere bei Hochmooren.

Fachlich ausgedrückt sind die hier betrachteten Kolloide makromolekulare Elektrolyte bzw. Polyelektrolyte.

In kolloidaler Lösung befindliche Kieselsäuren und Huminsäuren können als riesige, negativ geladene Anionen aufgefasst werden, an die sich kleine, positiv geladene Kationen wie Protonen, Kalium, Ammonium, Calcium etc. etc. anlagern bzw. sich in einer Art Ladungswolke in der Nähe des Kolloidpartikels befinden.

Die räumlichen Verteilungen von ionischen Ladungen im Umfeld unserer Kolloidteilchen werden dabei durch das Modell der elektrochemischen Doppelschicht beschrieben, auf dem verschiedene Kolloidmessverfahren beruhen.

Eine vergleichsweise einfache Messmethode zur Charakterisierung von Kolloiden ist dabei das Strömungspotentialverfahren (z. B. der Fa. Colloid Metrix/Meerbusch).

Vorgestellt wird hier das Ergebnis der Untersuchung einer rein humosen Hochmoor-Schwarztorf-Probe (pH 4,3) mit hohem Kolloidgehalt hinsichtlich der

A, Abhängigkeit der Kolloidstabilität vom pH-Wert (Diagramm 1)

B, Abhängigkeit der chemischen Speicher-/Pufferkapazität des Kolloids vom pH-Wert (Diagramm 2)

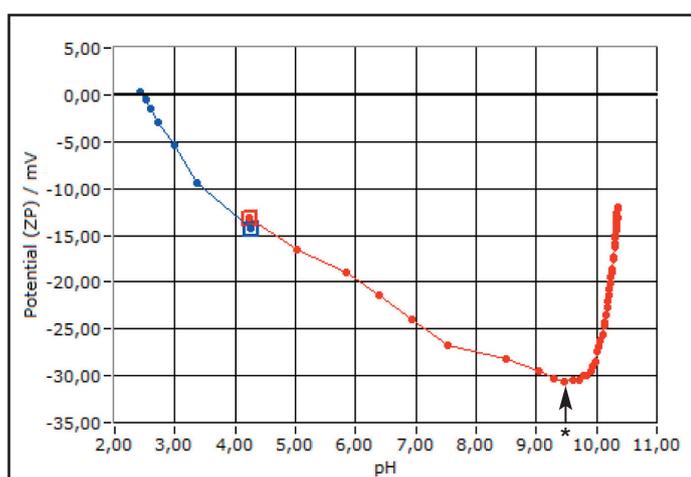


Diagramm 1: Kolloidstabilität

x-Achse: pH-Wert

y-Achse: Stabilität des Kolloids = „Löslichkeit“ des Kolloids

Blauer Kurvenzweig: saure Titration des Ausgangsmaterials mit HCl

Roter Kurvenzweig: alkalische Titration des Ausgangsmaterials mit NaOH

Das negative Vorzeichen des Stabilitätsparameters weist auf den anionischen Charakter der Kolloidteilchen hin.

Der Punkt höchster Stabilität * ist beim Kurvenminimum gegeben: pH 9,5 (alkalisch).

Hier ist das Humuskolloid in einzelne Huminsäure-Makroanionen aufgespalten (keine Verklumpung).

Ein ausreichend stabiler kolloidaler Zustand liegt nur in einem bestimmten pH-Bereich vor. Bei zu hohen oder niedrigen pH-Werten ballen

sich die Huminsäure-Moleküle wieder zusammen und können sogar ausflocken (siehe Kapitel 3).

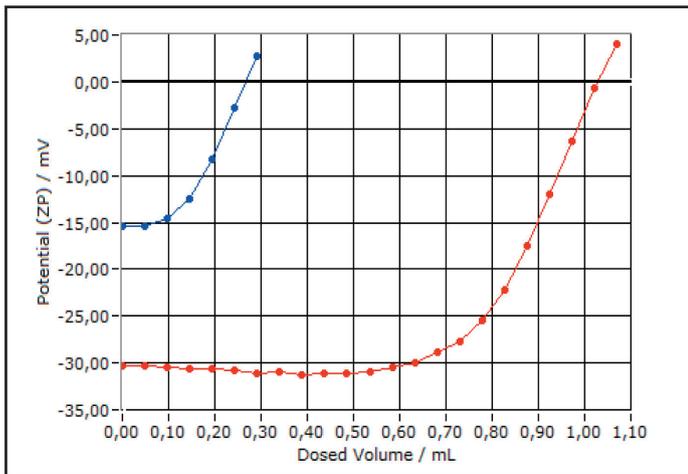


Diagramm 2: Speicher-/Pufferkapazität

x-Achse: chemische Aktivität/Puffervermögen

y-Achse: Stabilitätsparameter des Kolloids wie bei Diagramm 1

Zur Prüfung der chemischen Puffer-/Speicherkapazität lässt man das Kolloid nun mit einer kationischen Eichsubstanz reagieren. Das Erreichen der Grenze der Pufferkapazität wird durch den Anstieg des (negativen) Stabilitätsparameters auf 0 angezeigt.

Es werden zwei Kurven aufgenommen:

blau bei pH 4,3 (originale Moorprobe)

rot bei pH 9,5 (= höchste Kolloidstabilität)

Die Puffer-/Speicherkapazität der Humusprobe ist im **alkalischen Bereich** wesentlich größer als im **sauren Bereich**.

Faktor 7-8 bei pH 9,5 gegenüber der originalen Moorprobe.

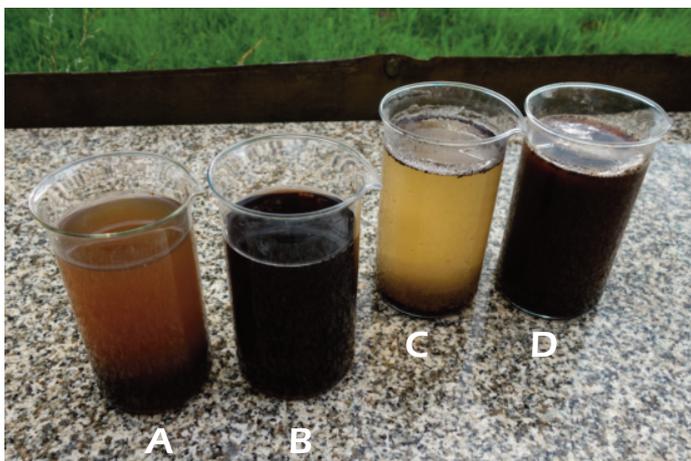


Abb. 16, Humuskolloide bei verschiedenen pH-Werten

A, Hochmoor-Schwarztorf Kendlmühlfilzen/Chiemseemoore, Regenwasseraufschwemmung, sedimentiert, pH 4,3

B, Hochmoor-Schwarztorf wie A, jedoch auf pH 9,5 eingestellt

C, Mineral-Leonardit in Regenwasser aufgeschwemmt, sedimentiert, pH 6,4

D, Mineral-Leonardit wie C, alkalisch eingestellt auf pH 9,5

Erklärung

Im Ausgangszustand reagieren sowohl Hochmoor-Torf (A) und Leonardit (C) sauer und die nur geringe Löslichkeit überrascht daher nicht. Das meiste Material ist sedimentiert.

Im alkalischen Bereich wird die Humussubstanz jedoch in wesentlich kleinere Teilchen aufgespalten (makromolekulare Huminsäuregruppen), die Humus-Kolloide bleiben in Lösung (B Torf, D Mineral-Leonardit).

Humuspräparate wie „flüssiger Humus“ werden im Hinblick auf möglichst hohe Stabilität und Reaktivität des Kolloids daher in Form alkalischer Auszüge aus Leonardit hergestellt (wobei im Falle von Mineral-Leonardit u.a. auch Kieselsäuren/Silikate beteiligt sein können).

Mineralkolloide

Die in dieser Kurzabhandlung beschriebenen Mineralkolloide aus Gesteinsmehlaufschwemmungen

zeigen hinsichtlich Stabilität und Puffervermögen ein ähnliches pH-wertabhängiges Verhalten wie die obigen Huminsäuren/Humate) mit erhöhter chemischer Wirksamkeit im alkalischen Bereich.

Kolloide aus Mikroorganismen, Biofilme

Auch Mikroorganismen weisen in wässriger Umgebung auf ihrer Oberfläche ionische Kolloid-effekte auf, weswegen sie nicht ganz unerwartet eine deutliche Affinität zu Kolloiden in Böden, Kompost, Gülle, Pflanzenjauchen etc. haben.

Reale Verhältnisse

Da Mutter Natur in den Böden etc. unterschiedlichste Materialien und Prozesse mit zum Teil gegenläufigen Reaktionsverhalten (z.B. anionische und kationische Kolloide) unter einen Hut bringen muss, folgt sie meist einem Kompromiss:

Agrarböden etc. arbeiten am besten in einem relativ engen Bereich um den Neutralpunkt pH 7.

11 Wo geht die Reise hin

Die vorliegende Kurzübersicht zum Thema Kolloide und Mikroorganismen bzw. Bodenleben allgemein basiert ganz wesentlich auf den Erfahrungen und Beobachtungen engagierter Landwirte und Agrarberaterinnen, die z.T. seit mehr als zwanzig Jahren unverdrossen die Landwirtschaft auf die naturnahe (= lebensfreundliche) Optimierung des Kreislaufs der Stoffe konsequent hin ausgerichtet haben – und dafür von der großen Masse (bisher) belächelt wurden. Für die offene Diskussion mit allen Beteiligten bedanke ich mich hier.

Der Begriff „naturnah“ ist hierbei von einer großen Sachkenntnis, viel Fleiß und Liebe zum Detail getragen und sollte eben nicht mit dem gängigen und schlichten Blümchen-Bienchen-Bio-Öko-Populismus verwechselt werden.

Nun steht erkennbar eine Zeitenwende an, wo die einseitig chemische Sichtweise der Landwirtschaft verlassen werden wird und das biologische Zeitalter anbricht.

Es geht eben nicht nur darum, ob irgendwelche Nähr- und Wirkstoffe vorhanden sind, sondern ob diese auch in einer verwertbaren Form den Lebensprozessen angeboten und erst dadurch effi-

zient genutzt werden können (Stichwort: u.a. Kolloide).

Es ist abzusehen, dass in weiterer Zukunft auch Standard-Bodentaxierungen um den Bestand an wirksamen Kolloiden und Mikroorganismen erweitert werden müssen.

Im Hinblick z.B. auf Bodenanalysen (u.a. Humusentwicklung) und die Herstellung von Wirtschaftsdünger werden Prüflabore ihr Angebot entsprechend erweitern müssen.

Zu guter Letzt ist mir bei den erwähnten Landwirten ein spezielles „Betriebsmittel“ aufgefallen: Zeit und Kontinuität.

Weg von „rin in die Kartoffeln, raus aus die Kartoffeln“.

Sie alle geben den Lebensprozessen im Stoffkreislauf ausreichend Zeit, sich zu entfalten und sparen sich mit gesünderen Pflanzen und Vieh dabei letztlich einen erheblichen Aufwand bzw. Kosten, die nötig wären, um permanent und hektisch die nicht optimalen Abläufe eines aus dem Ruder gelaufenen Systems zu korrigieren.

Die Sache rechnet sich also!

Biomasse – Kohle

Im Entwicklungsprozess des Torfs in Richtung Kohle findet über eine bestimmte zeitliche Periode eine immer weitergehende Anreicherung mit biochemisch aktiven Humussubstanzen statt mit einem Optimum in Form des Humusminerals Leonardit.

Gehalte an Huminsäuren (bzw. deren Salze: "Humate") von über 80% der organischen Masse können je nach geologischer Gegebenheit gefunden werden. Die biostimulierende Wirkung dieser Kohlevorstufen wird seit langer Zeit weltweit ge-

zielt zur Bodenverbesserung im Pflanzenbau genutzt.

"Dauerhumuskonzentrate" wie Leonardit sind bei sachgerechter Anwendung "Humusmultiplikatoren", die bei geringem Stoffeinsatz auf kurzem Wege humusreiche Böden mit ausgeglichenen und stabilen Humusbilanzen (Nährhumus: Dauerhumus) schaffen.

Weiterlesen: <https://www.chiemseemoor.de/moor-und-humus/biomasse-torf-kohle/>

Dauerhumus und Kompost

Beim Kompostieren moderieren Dauerhumuskonzentrate (z. B. Leonardit) mit ihrer hohen chemischen Pufferleistung durch den Gehalt z. B. an Huminsäuren, Ton-Humus-Komplexen etc., etwaige überschießende und aggressive biologische und chemische Reaktionen beim mikrobiellen Ab- und Umbau der Biomasse, sodass sich

ein von vornherein naturnahes bodenähnliches Milieu im Kompost entwickeln kann. Die Mikrobiologie ist damit eine ganz andere als in den "klassischen" Hochtemperaturkomposten, die bekanntlich in der Natur nicht vorkommen.

Weiterlesen: <https://www.chiemseemoor.de/landwirtschaft-im-moor/kompost-statt-torf/>

Landwirtschaft im Moor

Die Kultivierung von Moorflächen war über lange Zeit eine existenzielle Notwendigkeit von erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung mit dem Schwerpunkt Landwirtschaft, z. B. in Form von Grünland (Wiese, Weide, z. B. für die Milchviehhaltung) und Ackerbau.

Dabei war immer zu berücksichtigen, dass Moorböden deutliche Unterschiede zu "normalen" Nutzböden mit ihrer betont mineralischen Zusam-

mensetzung aufweisen. Gerade der kenntnisreiche Umgang mit diesen sensiblen Böden führte bereits vor mehr als hundert Jahren zu Agrarstrategien, die heute unter Begriffen wie Nachhaltigkeit, "Bio", extensive Landwirtschaft, ökologischer Landbau aktueller sind denn je. Alles schon mal dagewesen.

Weiterlesen: <https://www.chiemseemoor.de/landwirtschaft-im-moor/einleitung/>



Bei allen agrarischen Lebensprozessen und Biokreisläufen spielen letztlich die unterschiedlichsten Mikroorganismen eine zentrale Rolle, u.a. bei der Bodenfunktion, der Humusbildung, der GÜllereifung und der Biogasproduktion.

Eine Optimierung der Biokreisläufe im Hinblick auf ihre Aufwand-/Nutzen-Bilanz führt nahezu zwangsläufig zur Überlegung, wie diese mikrobielle Tätigkeit unterstützt werden kann.

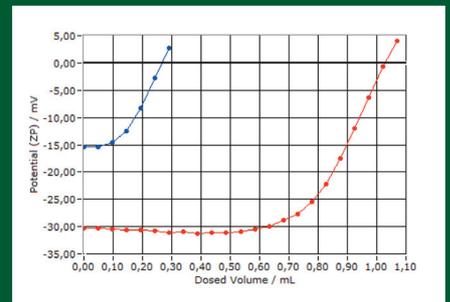
Dies auch im Hinblick auf eine „Prozessführung“ durch Förderung der positiven Mikroorganismen im Sinne gesunder Böden und gesunder GÜlle und Zurückdrängen negativ wirkender Organismen, die neben einer Min-

derung der Produktivität vor allem auch Umweltprobleme verursachen können z.B. durch Ammoniakausgasung.

Neben der Bereitstellung von Nährstoffen müssen diese im Sinne eines Puffers gespeichert, transportiert und im letzten Schritt den Lebewesen in geeigneter Weise angeboten werden.

Hier spielen organische und mineralische Nanoteilchen eine entscheidende Rolle, die sog. Kolloide.

Wo man als Anwender solche Kolloide findet und wie man deren Bilanz beeinflussen kann, wird in diesem Artikel stichpunktartig skizziert.



Dr. Lutz Pickelmann
 Rossanger 10, 83224 Grassau
 Kontakt: E-Mail: info@agro-kolloide.de
 Weitere Informationen: www.agro-kolloide.de

Stand Dezember 2020