Flutkatastrophe Ahr, Erft und Nebenflüsse 2021

Wie sieht eine Bodensanierung in der Praxis aus?

agenda

1) Stand Dezember 2021

2) Vereinfachtes Schema „Bodensanierung“ bei überfluteten Böden

3) Sanierung von oberflächennahen Schäden an Böden mit etablierten Verfahren

    a. spez. Bodenbearbeitung, physikalische Schäden
        i. Erntereste und Fahrspuren
        ii. Verschlämmungen
        iii. Schadverdichtungen
        iv. Fremdkörper

    b. Phyto- und Bioremediation, biologische und chemische Schäden
        i. Immobilisierung von Schwermetallen und Arsen durch Aufkalkung
        ii. Bioremediation
        iii. Phytoremediation
        iv. organische Hilfsmittel

4) Kontakt

Stand Dezember 2021

1) Die Schäden an land- und forstwirtschaftlichen Flächen, verursacht durch die Flutkatastrophe an Ahr, Erft und Nebenflüssen sind zwar schweren Ausmaßes, aber lassen sich weitestgehend mit einfachen Mitteln flächendeckend und rasch sanieren.

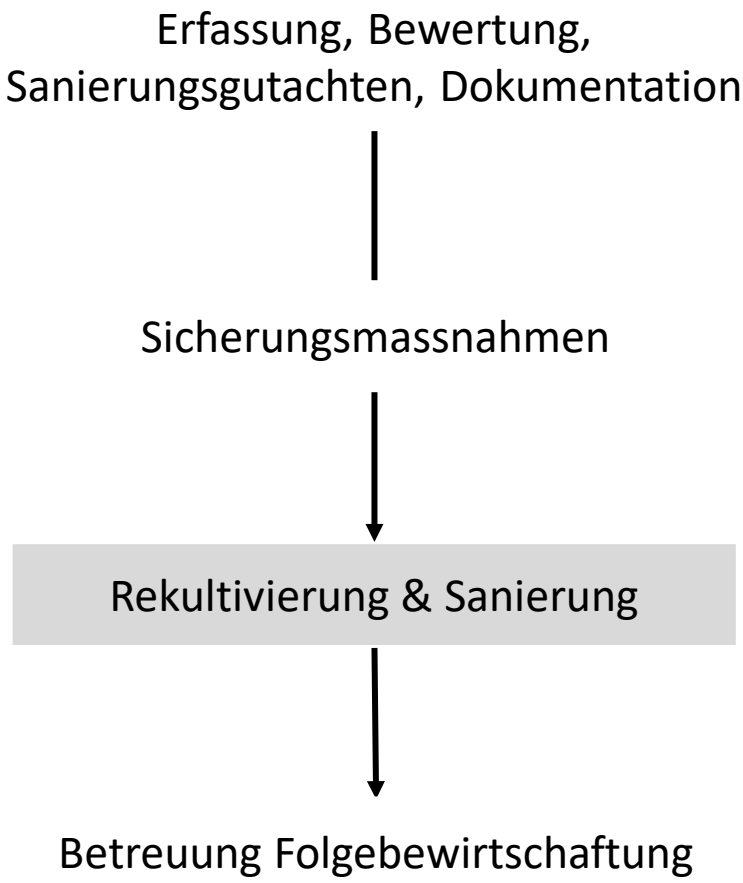
2) Es stehen ausreichend Knowhow, sowie leistungsfähige, moderne Verfahren zur Erfassung und Sanierung zur Verfügung.

3) Bei der Sanierung gilt Abwehr von Gefahren für Mensch, Natur und Umwelt vor Werterhalt.

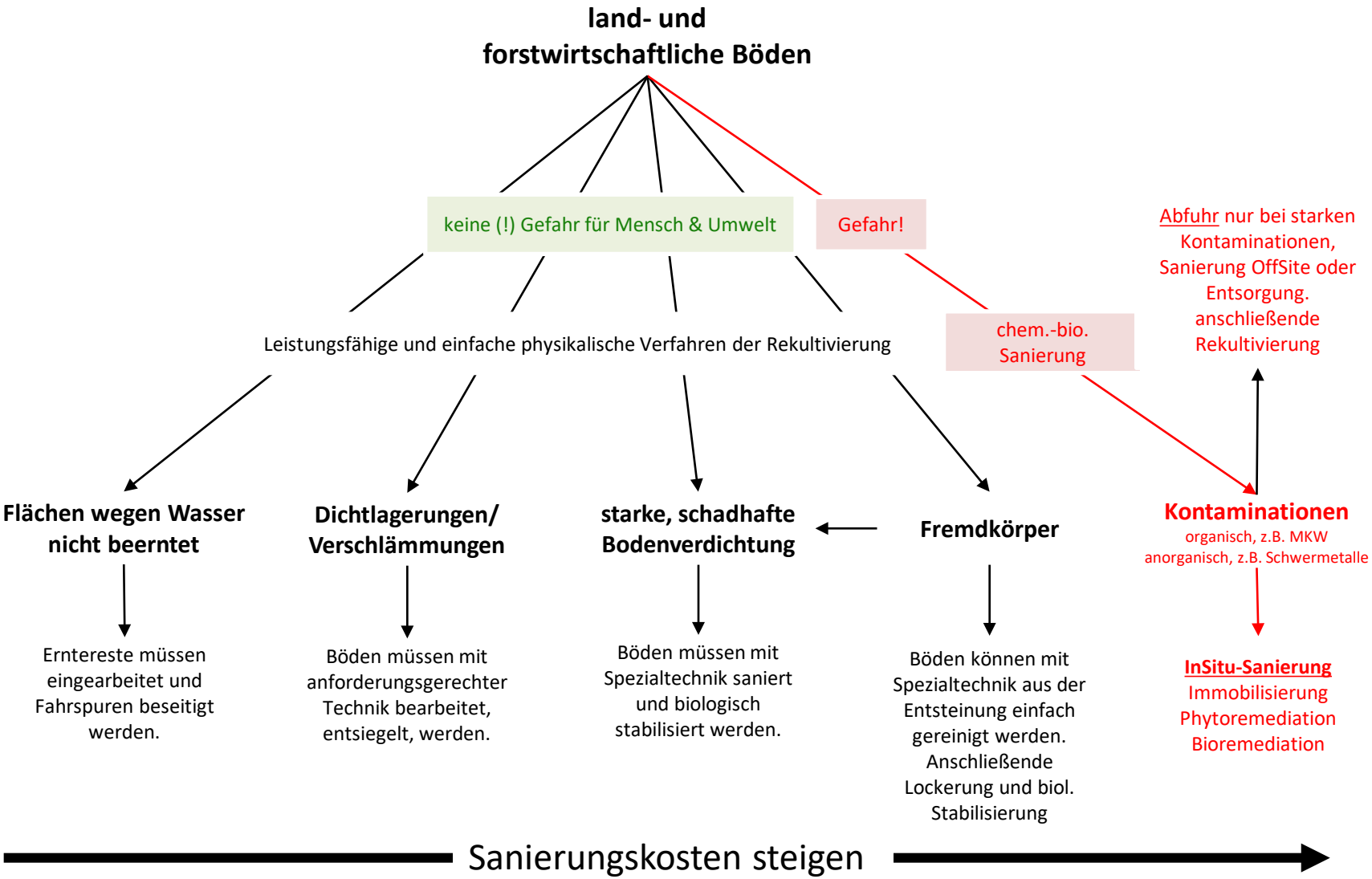
4) Es kann damit gerechnet werden, die Gefahren fast vollständig abgewendet und die Schäden an den Böden derart beseitigt werden, dass die Werte erhalten bleiben. Dadurch kann die betroffene Region langfristig stabilisiert werden! Das gilt auch für die vor- und nachgelagerten Bereiche, insbesondere die Banken und Versicherungen.

5) Es gilt es jetzt die anspruchsvolleren Schäden systematische zu erfassen und zu sanieren. Das ist mit Hilfe moderner Technologien, die kompatibel zu den GEOBOX-Applikationen sind, sofort realisierbar. Damit werden Gefahren abgewendet und Folgeschäden erheblich reduziert!

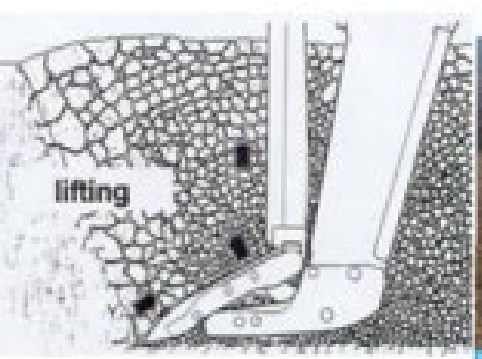
Vereinfachtes Schema „Bodensanierung“ bei überfluteten Böden

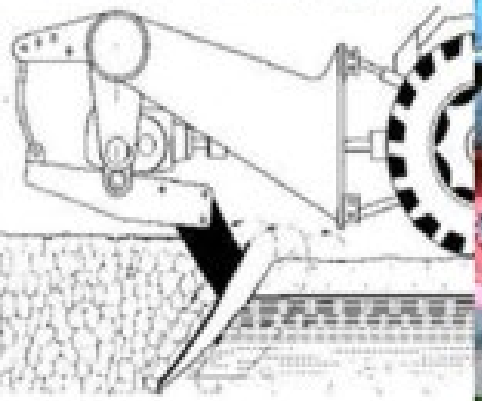


Ausmaß der Schäden und Sanierungsverfahren



Wie sieht die Technik zur Bodensanierung aus?





Dichtlagerungen/Verschlämmungen
grossflächige Entsiegelung von Böden

<u>Typisches Schadbild</u>

Das Getreide steht noch dicht auf den nassen Flächen, die nicht geerntet werden konnten. Die Fahrspuren sind tief und deutlich erkennbar.

<u>Sanierung</u>

Das aufstehende Erntegut wird am einfachsten auf „Pflugsohlentiefe“ in den Boden eingearbeitet, sobald es die Bodenbedingungen zulassen. Die Fahrspuren können mit einem Bodenmeissel einfach „unterfahren“ werden.

Dichtlagerungen/Verschlämmungen

grossflächige Entsiegelung von Böden

Typisches Schadbild

Die Böden liegen leicht verdichtet oder an der Oberfläche verschlämmt. Die Bodenphysik ist gestört, die Bodenbiologie ist beeinträchtigt. Der Wasserhaushalt ist nachhaltig verändert, die Flächen trocknen spät und schlecht ab.

Sanierung

Anforderungsgerechte Bodenbearbeitung, die über die üblichen Bearbeitungs-verfahren hinaus geht. Herstellung eines leistungsfähigen Bodengefüges mit angepasster Verteilung der Substrate nach Korngrössen.

Starke, schadhafte Bodenverdichtungen

großflächige Bodenlockerung, insbesondere bei zerfahrenen Böden

<u>typisches Schadbild</u>

Die Böden bleiben – meistens durch Überfahrungen – sehr stark verdichtet und strukturlos. Eine Nutzung der Flächen ist nicht mehr möglich. Hier bleibt das Wasser bei Niederschlag an der Oberfläche stehen.

<u>Sanierung</u>

Spezialtechnik für schwere Bodenlockerung, wie diese aus der Sanierung von Tagebauen oder Pipelinetrassen bekannt ist. Herstellung eines leistungsfähigen Bodengefüges.

Fremdkörper auf und in (!) Böden

Entfernung der Fremdkörper und Rekultivierung der Böden

<u>typisches Schadbild</u>

Werden Sammelplätze geräumt, so bleiben unvermeidlich Fremdkörper zurück.
Diese lassen sich mechanisch entfernen und der Boden lässt sich bedarfsgerecht vor Ort rekultivieren.

<u>Sanierung</u>

Spezialtechnik für Entsteinung von Gemüseflächen, anschließend schwere Bodenlockerung, wie diese aus der Sanierung von Tagebauen oder Pipelinetrassen bekannt ist.

Typische chem. Verunreinigungen in überfluteten Böden

Hotspots müssen unbedingt erkannt und gesichert werden, z.B. mit Folien!

In den überfluteten Gebieten sind viele Böden an der Oberfläche durch stoffliche Belastungen kontaminiert und somit für die Nutzung nicht geeignet. Häufig geht noch eine Gefahr von ihnen aus.
Das gilt vor allem bei Schäden durch:

Schwermetalle, vor allem Blei, Cadium und Arsen.

MKW (Mineralölkohlenwasserstoffe), z.B. aus Rohöl, Mineralölprodukten aller Art, Naphthalin, Benzin, Kerosin, Diesel, Heizöle, Maschinenöle, Lösungsmittel (z.B. Alkohole, Ketone, Ether, Ester, Tetrahydrofuran) und aus Kraft- und Schmierstoffen (z.B. Schweröl, Motor- und Getriebeöl).

PCB (polychlorierte Biphenyle) aus Weichmachern, Kitten, Fugenmassen und Wärmeträgerölen (z.B.Transformatoren, Kondensatoren).

PAK polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe, sogenannte Teerstoffe (z.B. Pech, Gußasphalt, Parkett-, Fliesen- und PVC-Kleber, Dachpappen).

TNT und andere Nitroaromaten (MNT, DNT und deren Abbauprodukte), vor allem aus der Rüstungsindustrie.

Persistente **Pflanzenschutzmittel** (PSM) und deren Abbauprodukte.

Dioxine und Furane (z.B. aus Holzschutzmitteln)

Sowie viele **organische Stickstoffverbindungen** (z.B. Anilin, Pyridin) und viele **andere organische Verbindungen**, z.B. Phenole, Kresole, Xylenole, LCKW (Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe), SCKW (Schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe), Chlorphenole

Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte, BBodSchV

Grundlage für einfache Sanierungsschemata

LUFA NRW Ihr Partner für Untersuchung und Beratung

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte für Boden gemäß Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999 (Stand: 27.09.2017)

Vorsorgewerte = Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht („Besorgnisschwelle").

Prüfwerte = Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt („Belastungsschwelle").

Maßnahmenwerte = Werte, bei deren Überschreiten in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind.

Prüfparameter mg/kg TM		Vorsorgewerte Spielsand[1] in Sandkästen	Vorsorgewerte Boden bei Humus ≤ 8 %[2]					Prüfwerte Boden[3]				Maßnahmenwerte[3]		
			Sand	Lehm/Schluff		Ton		Boden Kinderspielflächen[4]	Boden Wohngebiete	Schadstoffübergang Pflanzenqualität Kulturpflanzen[5]	Schadstoffübergang Wachstumsbeeinträchtig. Ackerbau	Kinderspielflächen[4]	Ackerbau, Erwerbsgartenbau, Nutzgarten	Dauergrünland (KW)[6]
				pH < 6	pH ≥ 6	pH < 6	pH ≥ 6							
Arsen	(As)	10	--	--	--	--	--	25	50	200[9] (KW)[6]	0,4 (AN)[7]	--	--	50
Blei	(Pb)	20	40	70	70	100	100	200	400	0,1 (AN)	--	--	--	1200
Cadmium	(Cd)	0,4	0,4	0,4	1	1	1,5	10 (2)[8]	20 (2)[8]	--	--	--	0,1[10] (AN)	20
Chrom	(Cr)	15	30	60	60	100	100	200	400	--	--	--	--	--
Kupfer	(Cu)	--	20	40	40	60	60	--	--	--	1 (AN)	--	--	1300[11]
Nickel	(Ni)	--	15	15	50	50	70	70	140	--	1,5 (AN)	--	--	1900
Quecksilber	(Hg)	--	0,1	0,5	0,5	1	1	10	20	5 (KW)	--	--	--	2
Thallium	(Tl)	--	--	--	--	--	--	--	--	0,1 (AN)	--	--	--	15
Zink	(Zn)	--	60	60	150	150	200	--	--	--	2 (AN)	--	--	--
Dioxine/Furane (PCDD/F) ng I-TEq/kg TM		--	--					--	--	--	--	100[12]	--	--
Cyanide		--	--					50	50	--	--	--	--	--
Aldrin		--	--					2	4	--	--	--	--	--
DDT		--	--					40	80	--	--	--	--	--
Hexachlorbenzol		--	--					4	8	--	--	--	--	--
Hexachlorcyclohexan (HCH-Gemisch oder ß-HCH)		--	--					5	10	--	--	--	--	--
Pentachlorphenol		--	--					50	100	--	--	--	--	--
			bei Humus ≤ 8 %		bei Humus > 8 %									
Polychlorierte Biphenyle (PCB_6)		--	0,05		0,1			0,4	0,8	--	--	--	--	0,2
Polycyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK_{16})		--	3		10			--	--	--	--	--	--	--
Benzo(a)pyren		--	0,3		1			2	4	1	--	--	--	--

[1] Gemäß RdErl. des Ministeriums für Frauen, Jugend, Familie und Gesundheit vom 16.03.2000 „Vorsorgender Gesundheitsschutz auf Kinderspielflächen"

[2] Für Böden mit einem Humusgehalt von mehr als 8 % können die zuständigen Behörden ggf. gebietsbezogene Festsetzungen treffen.

[3] Prüf- und Maßnahmewerte gelten für die Beurteilung der Schadstoffgehalte in der Bodentiefe von 0-30 cm (Ackerbau, Nutzgarten) und 0-10 cm (Grünland). Für Tiefen bis 60 cm gelten die 1,5fachen Werte.

[4] Kinderspielflächen sind Aufenthaltsbereiche für Kinder, die ortsüblich zum Spielen genutzt werden, ohne den Spielsand von Sandkästen.

[5] Nutzpflanzen aus Ackerbau, Erwerbsgartenbau und Nutzgärten (Haus- und Kleingärten)

[6] Untersuchungsmethode: Königswasser-Extraktionsverfahren (KW)

[7] Untersuchungsmethode: Ammoniumnitrat-Extraktionsverfahren (AN)

[8] In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereich für Kinder als auch für den Anbau von Nahrungspflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden.

[9] Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Verhältnissen gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg Trockenmasse.

[10] Auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark cadmiumanreichernder Gemüsearten gilt als Maßnahmenwert 0,04 mg/kg Trockenmasse; ansonsten gilt 0,1 mg/kg Trockenmasse.

[11] Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt als Maßnahmenwert 200 mg/kg Trockenmasse.

[12] Maßnahmenwert Wohngebiete: 1000 ng I-TEq/kg TM

BBodSchV_Vorsorge_Pruef_und_Maßnahmenwerte_2019_07_01.docx

LUFA NRW
lufa@lwk.nrw.de
www.lufa-nrw.de
Nevinghoff 40
48147 Münster
Tel. +49 (0) 251 2376-595
Fax +49 (0) 251 2376-702

Immobilisierung von Schwermetallen

Unterbrechung der Pfade Mensch – Boden – Wasser

Schwermetalle, darunter vor allem Blei (Pb), Kupfer (Cu), Cadmium (Cd), Zink (Zn), Nickel (Ni) und Chrom (Cr) aber auch Arsen (As), lassen sich durch die Anhebung des pH-Wertes immobilisieren.

Dadurch gehen die Elemente oder deren Salze nicht oder nur gering in Bodenlösung und gelangen auch nicht in Oberflächengewässer oder Grundwasserleiter.

Die Aufnahme dieser chemischen Verbindungen auf bewachsenen Böden über die Haut, Schleimhäute oder Atemwege gilt als sehr gering.

Mit verschiedenen Kalken können dazu die pH-Werte in den Böden rasch angehoben werden, so dass das Gefahrenpotential zunächst stark eingeschränkt oder beseitigt ist.

Die Kalke müssen dazu in den Boden eingemischt werden, was relativ einfach möglich ist.

Mit einem Mix aus schnell und langsam wirkenden Kalken vermeidet man Basenschocks und erzielt eine Langzeitwirkung.

Die betroffenen Regionen sind insbesondere mit Blei geogen belastet, so dass eine Aufkalkung enorme Effekte erzielen kann.

Mineralöle, chem. Verunreinigungen auf und in (!) Böden

Sanierung der organisch-chemischen Belastung und Rekultivierung der Böden

typisches Schadbild

Leichte Ölfraktionen, z.B. Heizöl und Diesel wurden mit den Wassermassen auf Flächen gespült. Ein Teil versickert in den Böden und kann einfach biologisch vor Ort saniert werden. Allerdings entstehen auch so genannte Hotspots, die einer intensiveren Sanierung bedürfen.

Sanierung

Spezialtechnik aus der großflächigen Bioremediation, wie man diese aus der Sanierung von MKW-Schäden her kennt. Bei Schwermetallen zusätzlich Phytoremediation. Arzneimittelrückstände müssen gesondert betrachtet werden. Zudem können einfach und grossflächig mit Bodenhilfsstoffen auf Huminstoffbasis Schadstoffe immobilisiert werden,

Vorteile von insitu Phyto- und Bioremediation

Anwendung etablierter, natürlicher Verfahren

1) Phyto- und Bioremediation können sicher, schnell und kostengünstig auf sehr großen Flächen eingesetzt werden.

2) Die Verfahren werden bei großflächigen Kontaminationen, z.B. durch die Förderung und den Transport von Rohöl oder bei der der Gewinnung von Bodenschätzen und auf ehemaligen militärischen Altlasten eingesetzt.

3) Ein Einsatz zur Sanierung von überfluteten Böden zur Sanierung oberflächennaher Schäden ist sofort, adhoc, möglich.

4) Die Böden müssen in der Regel dafür nicht abgefahren werden!

Zudem können bei gleichzeitiger Sanierung verschiedener Umweltschäden erhebliche Synergien entstehen.

Mit „Sanierungshilfsmitteln“, z.B. verschiedene Kalke und organische Substanz, die die biologischen Prozesse stabilisieren und katalysieren werden hohe Sanierungssicherheit und Sanierungseffizienz erzielt.

Was ist Phytoremediation?

Sanierung mit Hilfe von Pflanzen

Viele der genannten Kontaminationen lassen sich sicher, schnell und kostengünstig durch die biologischen Verfahren der Phyto- und Bioremediation sanieren.

Mit Hilfe von – auf die Kontamination abgestimmten – biologischen Hilfsstoffen können die Sanierungsprozesse erheblich beschleunigt und vereinfacht werden. Gleiches gilt für den gezielten Einsatz von Spezialtechnik zur tiefen Bodenbearbeitung.

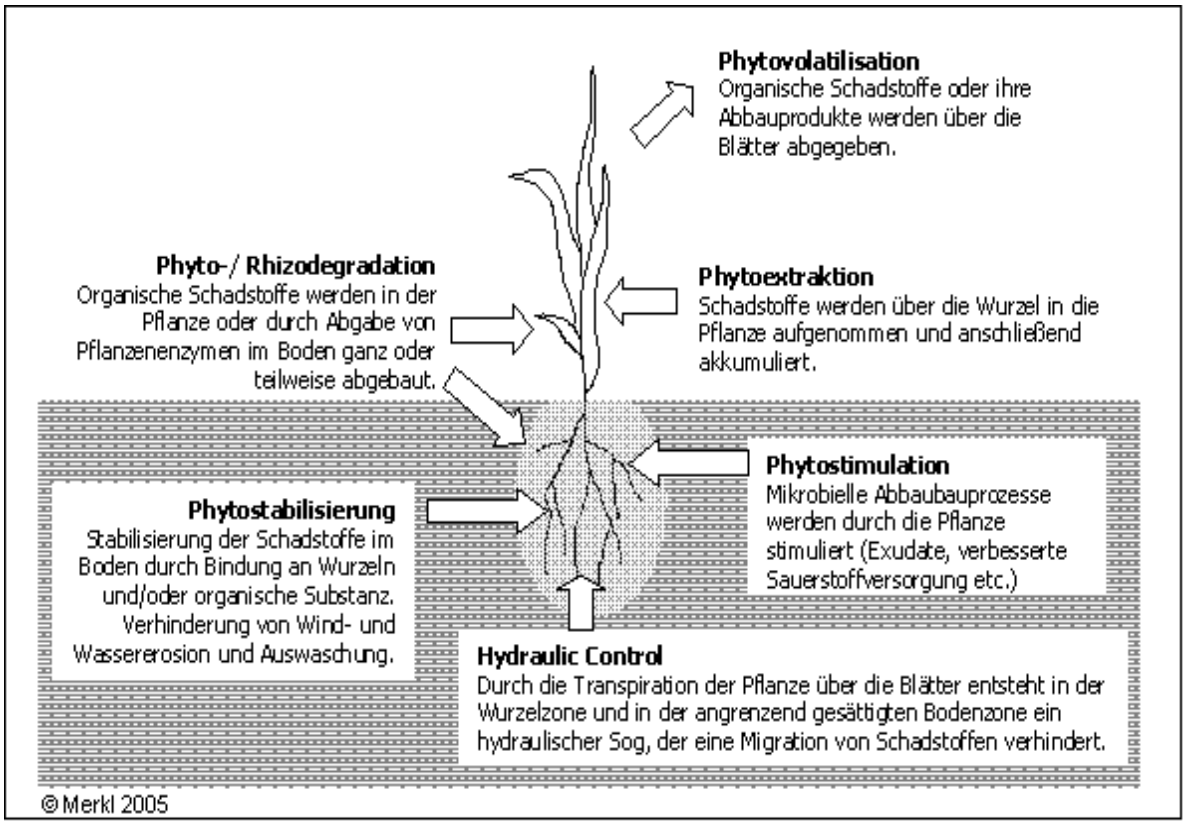
Aufgrund der Erfahrung in der Bioremediation und der Bodenrekultivierung existiert eine profunde Wissensbasis und darüber hinaus ausreichend Spezialtechnik zur optimalen Bearbeitung und Vorbereitung des Bodens für eine anschließende Bepflanzung.

Dazu gehören beispielsweise die Tiefenlockerung und die Applikation und Einarbeitung von Bodenhilfsstoffen, z.B. organische Säuren, wie Huminsäuren.

Nur bei extrem hohen, phytotoxischen Schadstoffbelastungen werden herkömmliche Sanierungstechnologien (z. B. Bodenaushub, offsite Bioremediation, Deponierung, Verbrennung, …) als Sanierungsmaßnahme angewandt.

Funktionsweise der Phytoremediation

Sanierung mit Hilfe von Pflanzen



Phytoremediation ist der gezielte Einsatz von Pflanzen zur Extraktion, zum Abbau oder zur Stabilisierung von Schadstoffen in Boden, Wasser und Sediment. Je nach Schadstofftyp und -lage greifen unterschiedliche Phytoremediationsmechanismen wie in oben stehender Abbildung kurz erläutert.

Phytoremediation

Sonderfälle „constructed Wetlands“ und „Vegetativ Cover Systems, VCS“

Hinzu kommen Pflanzensysteme wie "Constructed Wetlands" und "Vegetative Cover Systems" (VCS). Ersteres ist die Anlage einer durchfluteten Vegetationseinheit, die eine Dekontamination oder Qualitätsverbesserung des Durchflusswassers bewirkt.

Bei VCS verhindert eine funktionsfähige und selbsterhaltende Vegetationsdecke die Migration von Schadstoffen durch Auswaschung und Erosion und unterbricht den Wirkungspfad Boden-Mensch/Tier.

Wie in folgender Tabelle zusammengefasst, kann Phytoremediation für unterschiedlichste Schadstoffklassen angewendet werden (Schwermetalle, organische Schadstoffe, Radionuklide, …).

Entsprechend kommen unterschiedliche Pflanzenarten zum Einsatz (Kräuter, Sträucher, Bäume, Wasserpflanzen).

Die Wirkungstiefe ist dabei auf den Wurzelraum beschränkt und beträgt bei Gräsern und Kräutern zwischen 20 und 200 cm Tiefe und bei Bäumen bis ca. 20 m Tiefe.

Wo eignet sich Phytoremediation?

Mechanismen, Medien, Schadstoffe und geeignete Pflanzen

Mechanismus	Medium	Schadstoffe	Pflanze (Bsp.)
Phytoextraktion	Boden, Sediment, Schlämme	Schwermetalle (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn) Radionuklide (^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{239}Pu, ^{238,} ^{234}U)	Indischer Senf, Steinkraut, Acker-Hellerkraut Sonnenblume, Hybrid-Pappel
Phytostabilisierung	Boden, Sediment, Schlämme	As, Cd, Cr, Hs, Pb, Zn	Indischer Senf, Hybrid-Pappel, Gräser
Phyto-/ Rhizodegradation	Boden, Sediment, Schlämme, Grundwasser, Oberflächenwasser	Organische Schadstoffe (MKW, PAK, CKW, TNT, Pestizide, PCBs)	Roter Maulbeerbaum, Hybrid-Pappel, Gräser, Rohrkolben, Armleuchteralge, Schwarzweide, Sumpfzypresse
Hydraulic Control	Grundwasser, Oberflächenwasser	Organische und anorganische Schadstoffe	Pappel, Weide
Vegetative Cover System	Boden, Sediment, Schlämme	Organische und anorganische Schadstoffe	Pappel, Gräser

Vorteile von Phytoremediation

sofortige Anwendung durch Jedermann an jedem Standort möglich!

Das entscheidende Argument für den Einsatz von Phytoremediation sind hohe Schlagkraft, die einfache Anwendung und die geringen Kosten im Vergleich zu herkömmlichen Sanierungsmethoden.

Gleichzeitig wird die physikalische, chemische und ökologische Bodenqualität verbessert. Durch den Aufbau von Biomasse wird zudem ein Beitrag zur Artenvielfalt und zum Klimaschutz geleistet.

Phytoremediationsmaßnahmen integrieren sich zudem ins Landschaftsbild und besitzen damit eine hohe öffentliche Akzeptanz.

Grosses Potential für Phytoremediation liegt auch in der Behandlung extensiver, hängiger Flächen, wo andere Sanierungsmaßnahmen aus Kostengründen nicht möglich sind. Es kann sogar von Hand gesät oder die Flächen beerntet werden.

Zudem eignet sich die Phytoremediation besonders als "polishing step" nach der Anwendung von herkömmlichen Sanierungsmethoden.

Weiterhin empfiehlt sich der Einsatz von Phytoremediation zur Stabilisierung von Schadstoffen im Medium und zur Vermeidung einer Schadstoffmigration.

Was ist Bioremediation?

Sanierung mit Mikroorganismen

Bei der Bioremediation werden Böden mit Hilfe von Mikroorganismen saniert, die den Kohlenstoff aus den Schadstoffen für den Aufbau der eigenen Biomasse verwenden.

Dafür werden die Mikroorganismen, in den meisten Fällen Bakterien, besonders gefördert.

Es werden optimale Lebensbedingungen geschaffen.

Dazu gehören vor allem:

a. Schaffung eines geeigneten Bodengefüges für ein bestmöglichen Boden-Luft-Wasser-Haushalt.
b. Beseitigung von Bodendichtlagerungen und Bodenschadverdichtungen.
c. Einstellen eines vorteilhaften pH-Wertes.
d. Düngung mit Stickstoff, Phosphor und Spurenelementen.
e. Frische organische Substanz als zusätzliche Nahrungsquelle.
f. In der Regel sind die Mikroorganismen in ausreichendem Umfang in den Böden enthalten, diese entwickeln sich dann bei der Schaffung optimaler Lebensverhältnisse sehr rasch. Eine „Impfung“ ist in der Regel nicht erforderlich.

Was ist Bioremediation?

Sanierung mit Mikroorganismen

Spezielle Bearbeitungsgeräte für schwere Bodenverhältnisse, z.B. das MM 100, Cultermatic oder langsam laufende Tiefenspatenfräsen von Imants, die speziell für diesen Zweck entwickelt wurden und weltweit zum Einsatz kommen.

Im Bild:
Arbeiten während einer erfolgreichen Bioremediation auf dem ehemaligen Militär-flughafen Werneuchen bei Berlin/Germany. Sanierung von diversen MKW-Schäden in einem ehemaligen Tanklager.

Hilfsmittel für Bioremediation

Sanierung der organisch-chemischen Belastung und Rekultivierung der Böden

Phyto- und Bioremediation laufen in intakten Böden auch innerhalb der natürlichen Prozesse ab.

Allerdings sind bei stark kontaminierte und sanierungswürdige Böden häufig in den natürlichen Funktionen sehr stark gestört oder die natürlichen Funktionen sind sogar vollständig verloren gegangen.

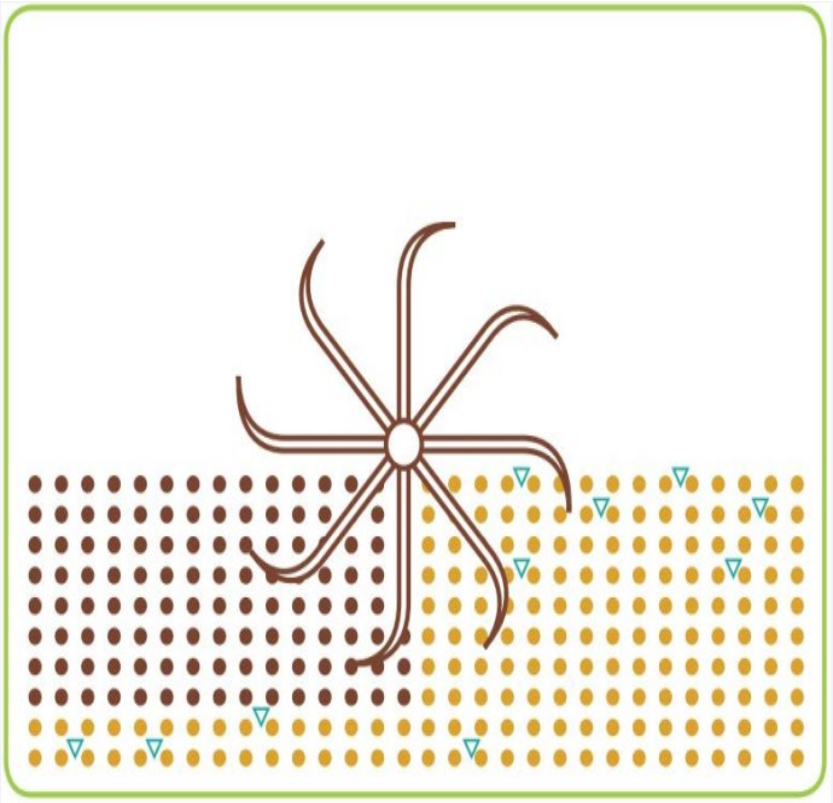
Alle Lebensfunktionen der mitwirkenden Mikroorganismen (vor allem Bakterien und Pilze) und Pflanzenwachstum brauchen Wasser, Sauerstoff und Nährstoffe.

Mit Nährsoffen und organischen Säuren auf der Basis von huminsäurehaltigen Pflanzenstärkungsmittel werden die großflächigen biologischen *insitu*-Masssnahmen sicher und kostengünstig gemacht, technisch deutlich vereinfacht, sowie die natürlichen Bodenfunktionen für mögliche Folgenutzungen wiederherstellt.

Bioremediation mit biologischen Hilfsmitteln

einfache Anwendung und Ausführung der Arbeiten

Den Mikroorganismen im Boden werden durch mechanische Bodenbearbeitung mit Spezialtechnik, Düngemitteln und organischer Substanz bestmögliche Lebensbedingungen geschaffen. Die Kontaminationen dienen dann als Nahrung!



Düngemittel und organisches Material wird auf dem Boden verteilt und mit entsprechender Spezialtechnik in den Boden auf die Tiefe der Kontamination eingearbeitet.

Es enthält vor allem Nährstoffe, organische Substanz, Dauerhumus, Wasserspeicher und eine Vielzahl Mikroorganismen.

Je nach Bedarf (Art und Grad der Kontamination) und Sanierungsfortschritt werden die Bodenbearbeitungsmassnahmen wiederholt, das bringt eine intensive Durchmischung und Belüftung des Bodens mit sich, so dass die biologischen Prozesse beschleunigt werden.

Kontakt

Education and Qualification Alliance SCE mbH, (EQAsce)

Prof. Dr. Brigitte Petersen
Am Herrengarten 77
D-53229 Bonn

Tel. 0228-96965888

info@EQAsce.de
www.eqasce.de

www.hoogen.de
www.rekultivierung.eu