

# Hergestellte Technosols: Stand der Forschung, rechtliche Grundlagen und Stand der Technik

Pascal Boivin

Professeur de Science du Sol

HES-SO Genève - HEPIA

# Technosol ?



Food and Agriculture Organization, 2014. World reference base for soil resources 2014. FAO, Rome.

- Technosols sind Böden, deren Eigenschaften und Bodengenese durch ihren technischen Ursprung geprägt sind. Sie enthalten eine erhebliche Menge an Artefakten (Objekte, die eindeutig vom Menschen hergestellt oder stark verändert wurden oder aus grösseren Tiefen gewonnen wurden) oder sind mit einem technogenen Festmaterial (vom Menschen hergestelltes hartes Material mit anderen Eigenschaften als natürliches Gestein) verschlossen oder enthalten eine Geomembran. Dazu gehören Böden auf Abfällen (Deponien, Schlämme, Aschen, Halden und Staub), Strassenbeläge mit ihren unkonsolidierten Untergründen, Böden mit Geomembranen und künstlich angelegte Böden.

# <> Anthrosols

Soils with strong human influence

Soils with long and intensive agricultural use: ANTHROSOLS

Soils containing many artefacts: TECHNOSOLS

- **Anthrosols** sind Böden, die durch menschliche Aktivitäten wie die Zufuhr von organischem oder mineralischem Material, Holzkohle oder Haushaltsabfällen, durch Bewässerung oder Anbaumethoden tiefgreifend verändert wurden.
- **Anthrosols kommen dort vor, wo Menschen seit sehr langer Zeit Landwirtschaft betreiben.**



# Hergestellte Technosole – ein starker Druck



- Herstellung aus Rohabfällen, z. B. Bauschutt, Industrieabfällen (Computergehäuse, Zellstoff, usw.)
  - Vorgehen fallweise – experimentell
- Herstellung aus Aushubmaterial
- Diese letzte Kategorie stellt in der Schweiz und in den meisten Industrieländern die reichhaltigste Materialquelle dar.
  - Future Circular Collider (CERN): 8 Millionen m<sup>3</sup> Aushub aus Molasse
  - Genf: 3 Millionen Tonnen pro Jahr

# Hergestellte Technosole: Bedürfnisse

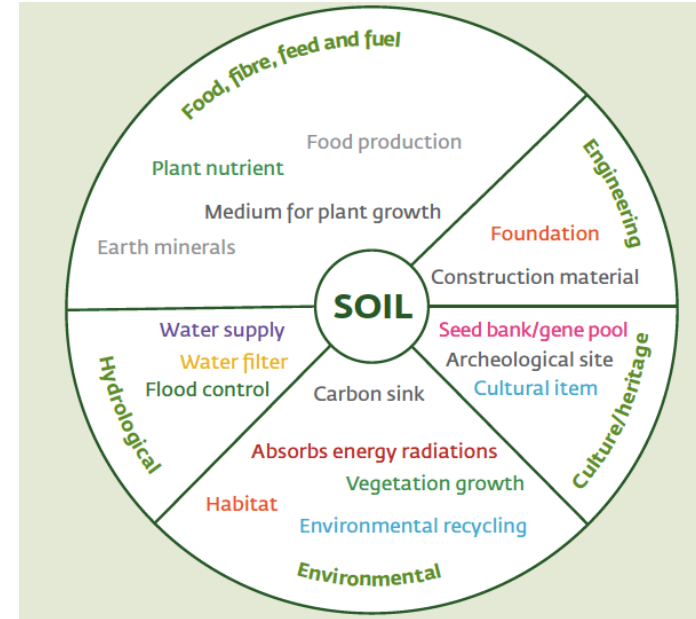


- Städte und Siedlungsgebiete benötigen Kulturerde
- Der Markt für Kulturerde ist angespannt und die verkaufte Erde ist von sehr schlechter Qualität
  - Hinweis: Für das Raumplanungsamt Genf wurde eine Norm für Kulturerde erstellt. Diese wird häufig bei Rechtsstreitigkeiten herangezogen.
- Es ist dringend wünschenswert, keine Kulturerde mehr zu verwenden, die per Definition von einem anderen Boden abgetragen wurde.

# Kann ein TechnoSOIL ein Boden sein?



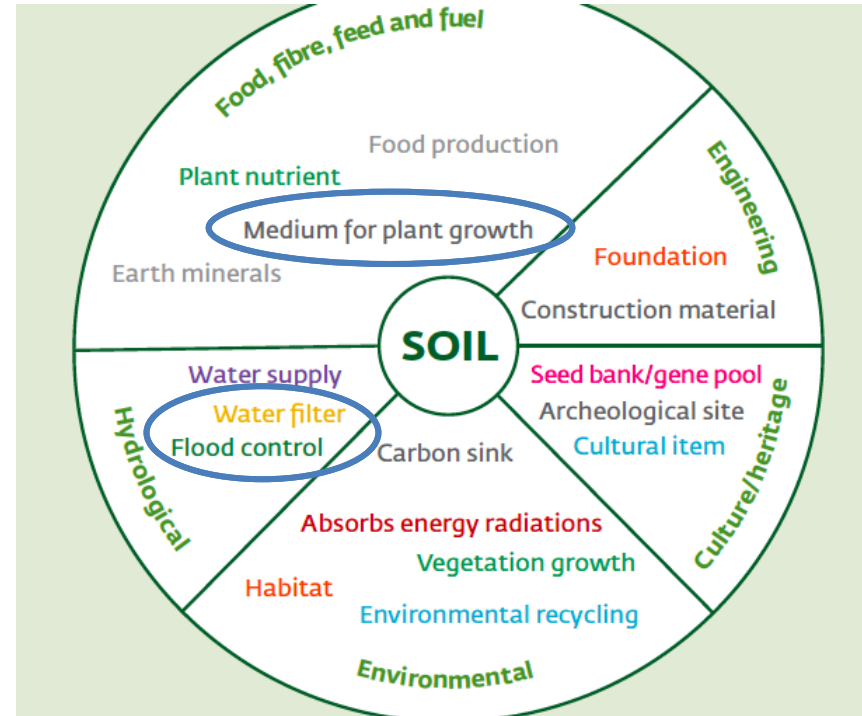
- Was ist Boden? Welche Böden wollen wir?
- Definition aufgrund der Lage
  - Gemäss USG Art. 7 Abs. 4bis: [...] Als Boden gilt nur die oberste, unversiegelte Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können.
- Definition aufgrund seiner Funktionen (welchen Boden wollen wir?)
- Definition aufgrund der Eigenschaften: Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Funktionen
- Forschung: Wie können Bodeneigenschaften hergestellt werden, welche die Funktionen erfüllen?



# Welche Funktionen werden erwartet?



- Stadtplanung
  - Vegetationsunterstützung
  - Versickerung – Wasserreinigung
- Welche Eigenschaften sind damit verbunden?
  - Gefüge
  - Wasserspeichervermögen
  - Belüftung
  - Strukturelle Stabilität
  - Organische Substanz (Nährstoffe)



# Einen Boden herstellen



- Boden besteht aus Hohlräumen, einem Gerüst (Sand und grössere Partikel) und kolloidalen Bestandteilen.
- Kolloidale Bestandteile: organisches Material, Oxide und mineralische Tonmineralien.
- Plasma: Systeme mit neuartigen Eigenschaften, die durch die Verbindung von Kolloiden entstehen (siehe beispielsweise das Glossar der Soil Science Society of America).
- Ohne Plasma gibt es keinen Boden (roher Mineralboden, der aus einem Gerüst besteht), da keine Wasser- und Nährstoffspeicherung, keine Strukturierung usw. stattfindet.
- Ohne Plasma: sehr wenige Funktionen



# Einen Boden herstellen



- Das Vorhandensein von kolloidalen Bestandteilen, die ein Plasma bilden können, ist die entscheidende Voraussetzung.
- Allerdings enthalten Aushubmaterialien möglicherweise keine mineralischen Tonmineralien. Weitere Materialien?
- In Laborversuchen haben Eisen(III)-sesquioxide eine positive Wirkung gezeigt.
- → An Mischungen arbeiten
- → Einen hohen Anteil  $< 2 \text{ mm}$  (Feinerde) bereitstellen
- → In diesem Anteil mineralische Kolloide bereitstellen, welche organische Stoffe binden können

# Hergestellte Technosole und organische Substanz



- Zur Bildung eines Plasmas muss organisches Material zugeführt werden
- Wie hoch ist der Bedarf?
- Beispiel FCC – CERN.
  - $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  Molasse bei  $21 \cdot 10^6 \text{ t}$  Material
  - 3 % OS  $\text{m}^3$  aus Kompost (ISMO 0,7):  $1 \cdot 10^6 \text{ t}$  Kompost
  - Jährliche Produktion von Kompost und Gärresten in der Schweiz:  $1,4 \cdot 10^6 \text{ t}$
- Es steht nicht genügend organisches Material zur Verfügung, damit Technosole aus Aushubmaterial hergestellt werden können
- Photosynthese muss genutzt werden: Produktion auf Basis von Gründüngung (siehe Terasol oder OSL)

# Hergestellte Technosole und organische Substanz



- Zugabe von organischer Substanz
  - Kompost oder Mist (oder anderes) als Starter für die Kultivierung
  - Vorbereitung der Kultivierung mit Gründüngung (rund 10 t Trockenmasse pro ha und Jahr).
- Hervorragende Ergebnisse bei der Herstellung, wenn die Menge der zugegebenen organischen Substanz hoch ist. Reduzieren?
- Wie sieht die Zukunft aus? Wenn sich die organische Substanz nicht stabilisieren kann, verschwindet sie schnell und das Ausgangsmaterial bleibt zurück.
- Forschung: Welche Materialmischung braucht es für die Bindung von organischer Substanz? (spezifische Oberfläche, Oberflächenbelastung, Kohlenstoffformen...)

# Beispiele



Ausgangsmaterial Moräne  
*Avenue du Grey à Lausanne*



Fluvial-glaziale Tonablagerungen  
*Espace expérimental Lullier*



# Risiko: Rückstufung und Gewichtszunahme

Nach einem Jahr ohne dichte Bodenbedeckung

TM Johanna Puglia



Aufbereitung mit Gülle

Aufbereitung mit Kompost



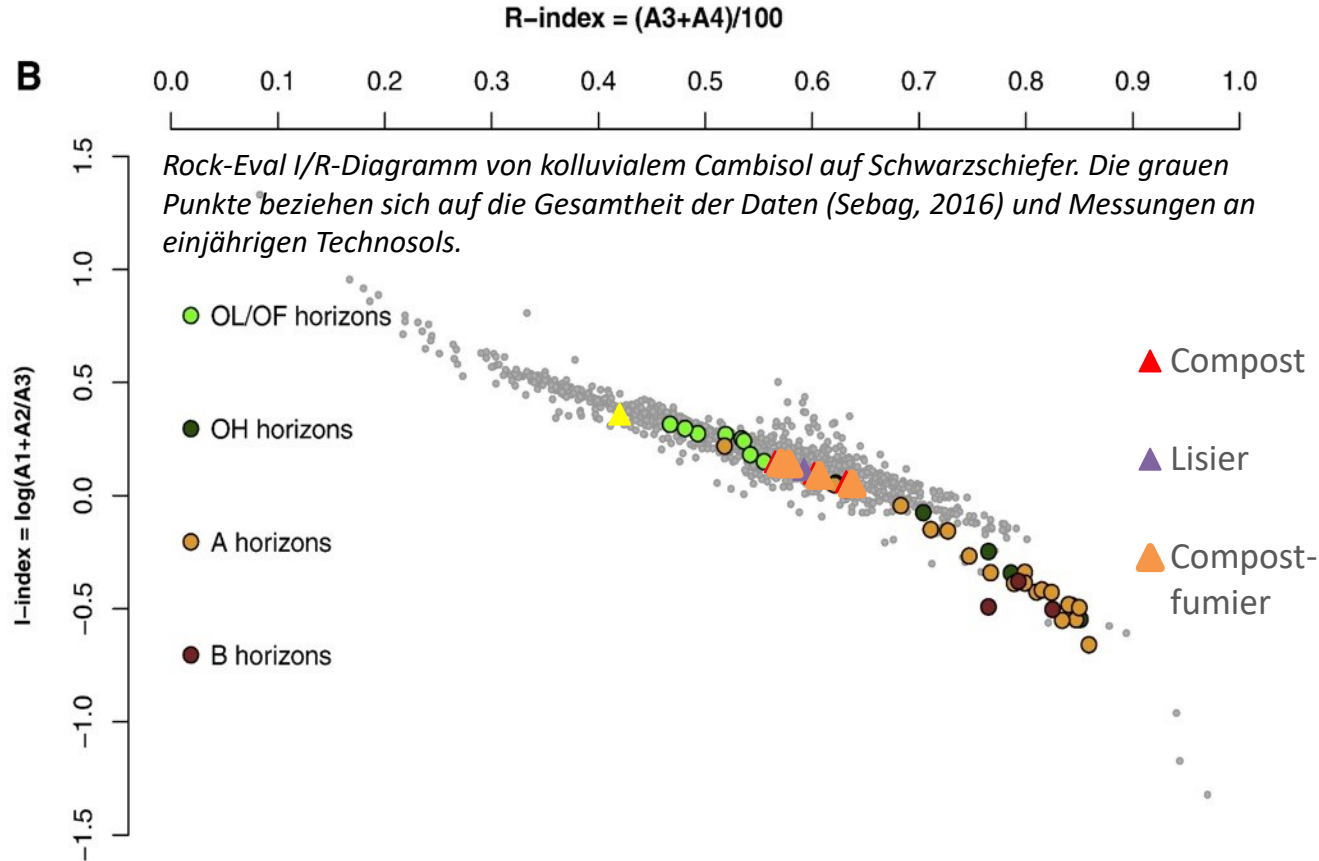
Aufbereitung mit Mist

# Laufende Forschung



- Arbeit mit Mischungen
  - Tonanteil
  - Zugabe von Eisenoxiden, Basaltpulver...
- Abhängig von Bodeneigenschaften: spezifische Oberfläche, Oberflächenladung
- Entstehung der physikalischen Eigenschaften (Schrumpfanalyse)
- Formen der organischen Substanz und ihre Entwicklung (Rock-Eval-Pyrolyse)
- Bewirtschaftung der Pflanzendecke
- Stimulierung der biologischen Aktivität

# Beispiel: Ausprägungen der organischen Substanz



TM Johanna Puglia

# Rechtliche Rahmenbedingungen



- USG (Bundesgesetz über den Umweltschutz, 1983 und nachfolgende Änderungen, 01.01.2024)
- VBBo (1998) und nachfolgende Änderungen (Stand: 12.04.2016)
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA, letzte Revision: 04.12.2015)
- Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (ChemRRV – aktualisiert am 26.01.2017)
  - Anhang 2.6, Ziff. 3.2.2. Beschränkungen für Kompost und Gärreste
- Anforderungen an künstliche, aus Abfällen hergestellte Kulturerde. BAFU 1993



INFORMATIONS CONCERNANT

la protection des sols et  
l'ordonnance sur les polluants du sol (Osol)

No 5 (1993) Office fédéral de l'environnement, des forêts et du p  
(OFEFP), 3003 Berne

Station fédérale de recherches en chimie agricole et  
l'hygiène de l'environnement (FAC), 3097 Liebefeld

Exigences requises pour la fabrication de terres végétales  
artificielles à partir de déchets

Vollzug Umwelt

MITTEILUNGEN ZUM

qualitativen Bodenschutz und  
zur Verordnung über Schadstoffe im Baden (VSBo)

Nr. 5 (1993) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL),  
3003 Bern

Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie  
und Umwelthygiene (FAC), 3097 Liebefeld

Anforderungen an künstliche, aus Abfällen hergestellte  
Kulturerde



hepia - Agronomie

# Anforderungen an künstliche, aus Abfällen hergestellte Kulturerde - 1993



- Künstliche Kulturerde muss grundsätzlich diejenigen allgemeinen Qualitätsansprüche erfüllen, welche dem Hersteller gemäss Art. 12 Abs. 1 Buchstabe b StoV auferlegt sind. **Danach darf ein Erzeugnis nur dann abgegeben werden, wenn anzunehmen ist, dass seine Verwendung gemäss den Angaben auf der Etiketle und der Gebrauchsanweisung die Umwelt und mittelbar über die Umwelt den Menschen nicht gefährden kann.**

# Kommentar: «Anforderungen an künstliche, aus Abfällen hergestellte Kulturerde – 1993»



---

«Künstliche Kulturerde wird nicht zur Düngung, sondern als Bodenverbesserer, als Substrat als Erosionsschutz oder bei Rekultivierungen verwendet. Die Qualitätsanforderungen richten sich somit nach diesen Verwendungszwecken.»

---

«Da derzeit Erfahrungen über das langfristige Verhalten künstlicher Kulturerde und deren Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit fehlen, sollte künstliche Kulturerde vorläufig nur auf technogenen Böden verwendet werden.»

---

Technogene Böden sind anthropogen veränderte, d.h. inertstoff oder schwach schadstoffhaltige und/oder künstlich umgeschichtete Böden im Siedlungsgebiet, in dessen Umgebung, an Verkehrswegen, auf Deponieabschlüssen, etc.

---

... (Vorgaben zur Zusammensetzung)

---

# Anforderungen an künstliche, aus Abfällen hergestellte Kulturerde - 1993



- «Auf eine Verwendung künstlicher Kulturerde auf Flächen für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion (einschliesslich Gartenflächen), auf Waldflächen, in Grundwasserschutzzonen S (einschliesslich Grundwasserschutzareale) usw., soll verzichtet werden.»
- «Künstliche Kulturerde sollte nur für die Neubildung eines A-Horizontes eingesetzt werden.»
- «Da derzeit Erfahrungen über das langfristige Verhalten künstlicher Kulturerde und deren Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit fehlen, sollte künstliche Kulturerde vorläufig nur auf technogenen Böden verwendet werden.»

# Anforderungen an künstliche, aus Abfällen hergestellte Kulturerde - 1993



- «Der Gehalt an anorganischen Schadstoffen der künstlichen Kulturerde darf im Feinerdeanteil (Partikeldurchmesser kleiner als 2 mm) 50 % des VSBo-Richtwertes nicht überschreiten.»
- Geogene Materialien können jedoch Schwermetalle enthalten
  - Beispiel: Cr und Ni in bestimmten Molassen > 250 ppm
  - Ausnahme von Fluor in der Anmerkung von 1993
- Alter Text basierend auf einem Wissensstand von vor über 30 Jahren: Eine Überarbeitung ist zu prüfen.

# Schlussfolgerungen



- Wachsender Bedarf und Forschungsbereich
- Anwendungen sind dem Wissensstand voraus, Notwendigkeit einer partizipativen Forschung unter Berücksichtigung der realen Bedingungen
- Es ist offensichtlich, dass die Begrünung von frisch geschütteten Böden ein Schlüsselement ist
- Mögliche Funktionen
  - Begrünung +++ bei geeigneter Pflege (Boden und Dächer)
  - Versickerung +? Studien laufen
  - Tragfähigkeit 👉 : Keine landwirtschaftliche Anwendung denkbar