

HUMUSAUFBAU

Die Revolution unter unseren Füßen

Der offizielle Humusguru-Leitfaden 2025



Humusaufbau

Der Schlüssel zu fruchtbaren Böden, stabilen Erträgen und echtem Klimaschutz

Humus ist kein Trend.

Humus ist die **biologische Grundlage unserer Ernährung, unserer Wasserversorgung und unseres Klimas.**

In diesem Leitfaden erkläre ich Humus nicht als Gefühl, sondern als **steuerbares System** – aufgebaut aus Mikroorganismen, Mineralien, Kohlenstoff und Zeit.

Du lernst, wie Humus entsteht, warum er verschwindet und wie wir ihn **gezielt, messbar und wirtschaftlich** wieder aufbauen können.

Dieser Leitfaden richtet sich an:

- Landwirte (Acker, Grünland, Sonderkulturen)
- Gartenbau & Substratwirtschaft
- Kommunen & Projektentwickler
- alle, die Boden **verstehen statt nur bewirtschaften** wollen

Vorwort des Humusguru	6
Was ist Humus wirklich?	7
POM & MAOM: Zwei völlig verschiedene Humuswelten	8
Der Microbial Carbon Pump	9
Warum klassische Kompostierung Humus limitiert	10
MBT vs. Kompost: der direkte Vergleich	12
Prozessparameter: die Stellschrauben	13
Zeit, Hygiene & Sicherheit	14
Humus in der Praxis: Der 4-Schritt-Plan, der wirklich funktioniert	15
Mikroorganismen: Ohne Mikroben kein Humus	16
Nekromasse: Der unterschätzte Schlüssel zum Dauerhumus	17
C/N: Das Fenster, in dem Humus entsteht	18
Denitrifikation: Stickstoff steuern statt verlieren	20
Biochar & Terra Preta: Das Mikroben-Hotel	21
Boden als Organismus: die beste Erklärung für Praktiker	22
Humus messen: ACS 2030 als Standard-Logik	23
CO ₂ -Berechnung: so wird aus Boden ein belastbarer Wert	24
Torfersatz & Substratwirtschaft: Warum Humus der bessere Rohstoff ist	25
Praxisbeispiel Landwirtschaft: Humusaufbau unter realen Bedingungen	27
Praxisbeispiel Gartenbau & urbane Systeme	29
Wirtschaftlichkeit: Humus rechnet sich	31
CO ₂ -Zertifikate & Erlöse: Was realistisch ist (und was nicht)	32
MRV & Qualitätssicherung: Vertrauen entsteht durch Systematik	33
Grenzen des Humusaufbaus: Ehrlichkeit schafft Vertrauen	34
Zusatzmodul für den Leitfaden	35
Wurzelexsudate	35
Warum Exsudate Humus schneller machen (POM → MAOM)	36
Woran du merkst, dass Exsudate wirken (ohne Labor)	38
pH-Wert: Der Schalter für Humus, Mikroben und Exsudate	39
pH-Management: Stabilisieren statt kaputtkorrigieren	41

KAK, Sandboden und die unsichtbare Grenze der Backfähigkeit	44
Die KAK: Warum Sandböden Weizen nicht „halten“ können	46
Der Weg vom Sandboden zum Brotweizen	48
Die ehrliche Schlussfolgerung	50
Welche Nährstoffe sind förderlich für den Humusaufbau?	51
Spurenelemente: Die unterschätzte Schlüsselrolle für Humus und Pflanzengesundheit	52
Wie Spurenelemente den Humusaufbau fördern	53
Alle Nährstoffe – für den Boden und die Pflanzen	53
Wo entstehen Synergien im Boden?	55
Warum 1 + 1 oft mehr als 2 ist	55
Schlusswort – Der Boden entscheidet	61

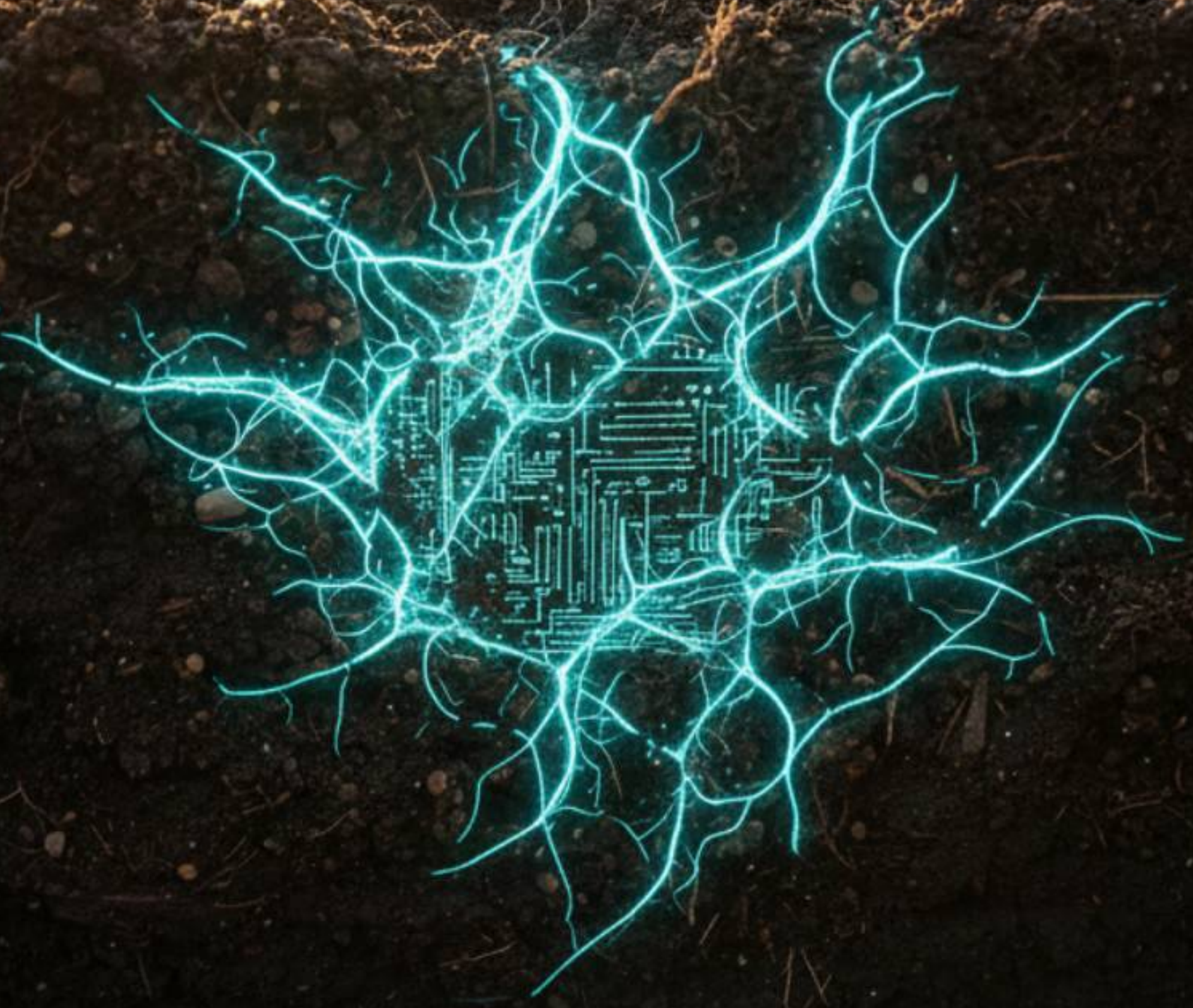
Pflanzenreste



Stabiler Humus

Wasser

Lu



Vorwort des Humusguru

Ich stehe seit über 20 Jahren auf dem Acker **und** im Labor.

Ich habe erlebt, wie Böden unter Überdüngung, Verdichtung und Klimastress leiden. Und ich habe gesehen, was passiert, wenn man den Boden wieder als **lebendiges System** behandelt.

Die Lösung liegt nicht in mehr Chemie, sondern in einem besseren Verständnis von **Mikrobiologie, Kohlenstoff und Bodenphysik**.

Humus entsteht nicht durch Zufall. Humus entsteht durch **Biologie – richtig geführt**.

Dieser Leitfaden ist mein gesammeltes Wissen aus Praxis, Forschung und Umsetzung. Er soll dir helfen, **Fehler zu vermeiden, Prozesse zu beschleunigen** und Boden wieder zu dem zu machen, was er sein sollte:

unser wichtigstes Kapital.

— *Bernhard Aumann, Humusguru*



Was ist Humus wirklich?

Humus ist **keine schwarze Erde**.

Humus ist **kein Kompost**.

Humus ist **kein Nährstofflager**.

Humus ist ein **hochkomplexes biologisches System**, bestehend aus:

- organischer Substanz
- Mikroorganismen
- Mineraloberflächen
- Wasser
- Luft

Der größte Denkfehler der letzten Jahrzehnte war, Humus nur als **zersetztes Pflanzenmaterial** zu betrachten.

Moderne Bodenkunde zeigt:

Stabiler Humus entsteht überwiegend aus mikrobieller Biomasse – nicht aus Pflanzenresten.

Pflanzen liefern den Kohlenstoff.

Mikroorganismen machen daraus Humus.

Humuswelten

1. POM –

2. MAOM –

POM & MAOM: Zwei völlig verschiedene Humuswelten

Um Humus zu verstehen, müssen wir zwei Fraktionen unterscheiden:

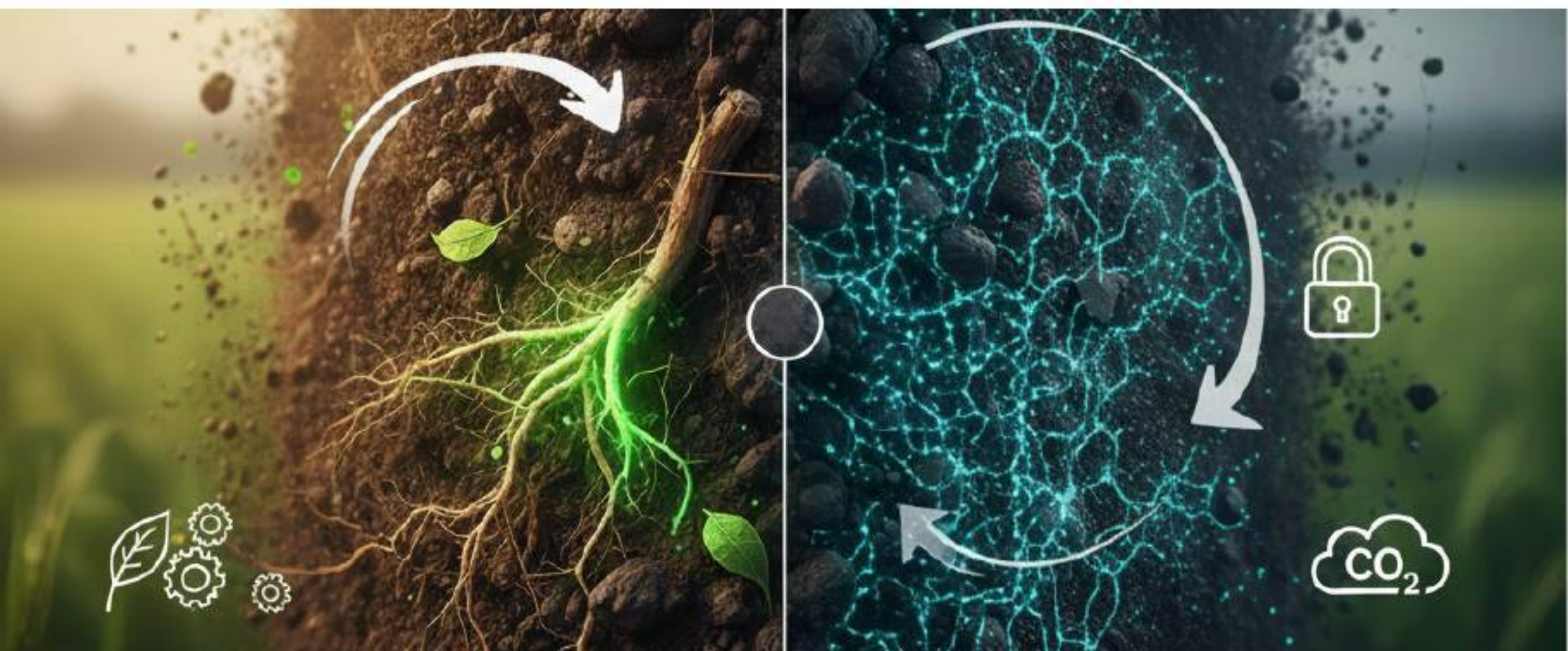
1. POM – Particulate Organic Matter (Nährhumus)

- grobe organische Substanz
- Pflanzenreste, Wurzeln
- biologisch aktiv
- schnelle Umsetzung (Monate bis wenige Jahre)
- wichtig für Nährstoffnachlieferung

2. MAOM – Mineral Associated Organic Matter (Dauerhumus)

- mikrobielle Zellreste (Nekromasse)
- gebunden an Tonminerale & Oxide
- extrem stabil (Jahrzehnte bis Jahrhunderte)
- echter **CO₂-Speicher**
- Grundlage für Bodenstruktur & Wasserhaltevermögen

👉 Wer nur POM aufbaut, füttert kurzfristig.
Wer MAOM aufbaut, investiert langfristig.





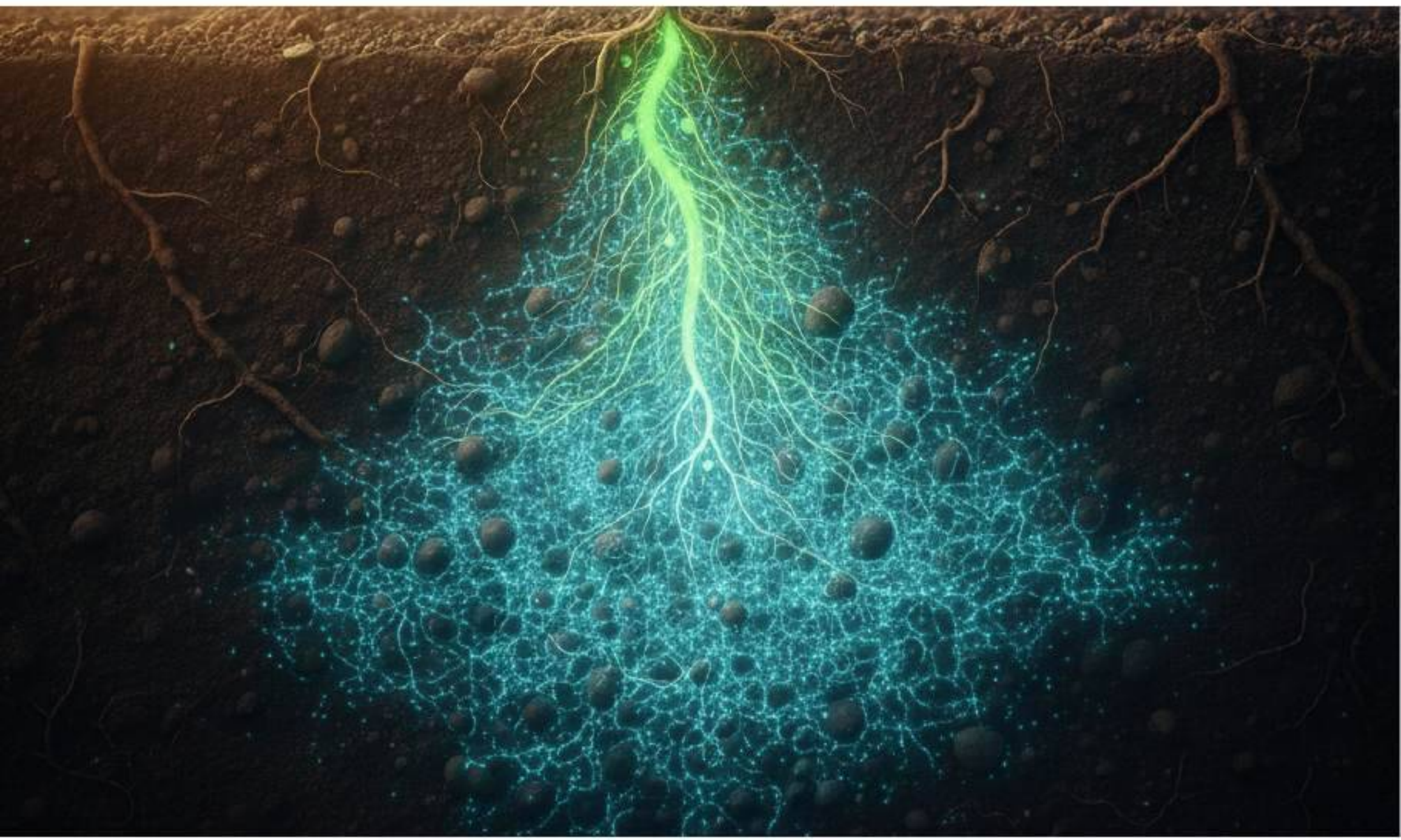
Der Microbial Carbon Pump

Der sogenannte **Microbial Carbon Pump** beschreibt den Prozess, bei dem:

1. Pflanzen CO_2 aus der Luft aufnehmen
2. Kohlenstoff über Wurzelausscheidungen (Exsudate) in den Boden gelangt
3. Mikroorganismen diesen Kohlenstoff verarbeiten
4. Mikroben sterben ab
5. ihre Zellreste an Mineralien gebunden werden → **Dauerhumus**

Entscheidend ist dabei nicht die Menge an Pflanzenmaterial, sondern die **Effizienz der mikrobiellen Umsetzung**.

Humusaufbau ist kein Häckselwettbewerb – es ist **Mikrobenmanagement**.



Warum klassische Kompostierung Humus limitiert

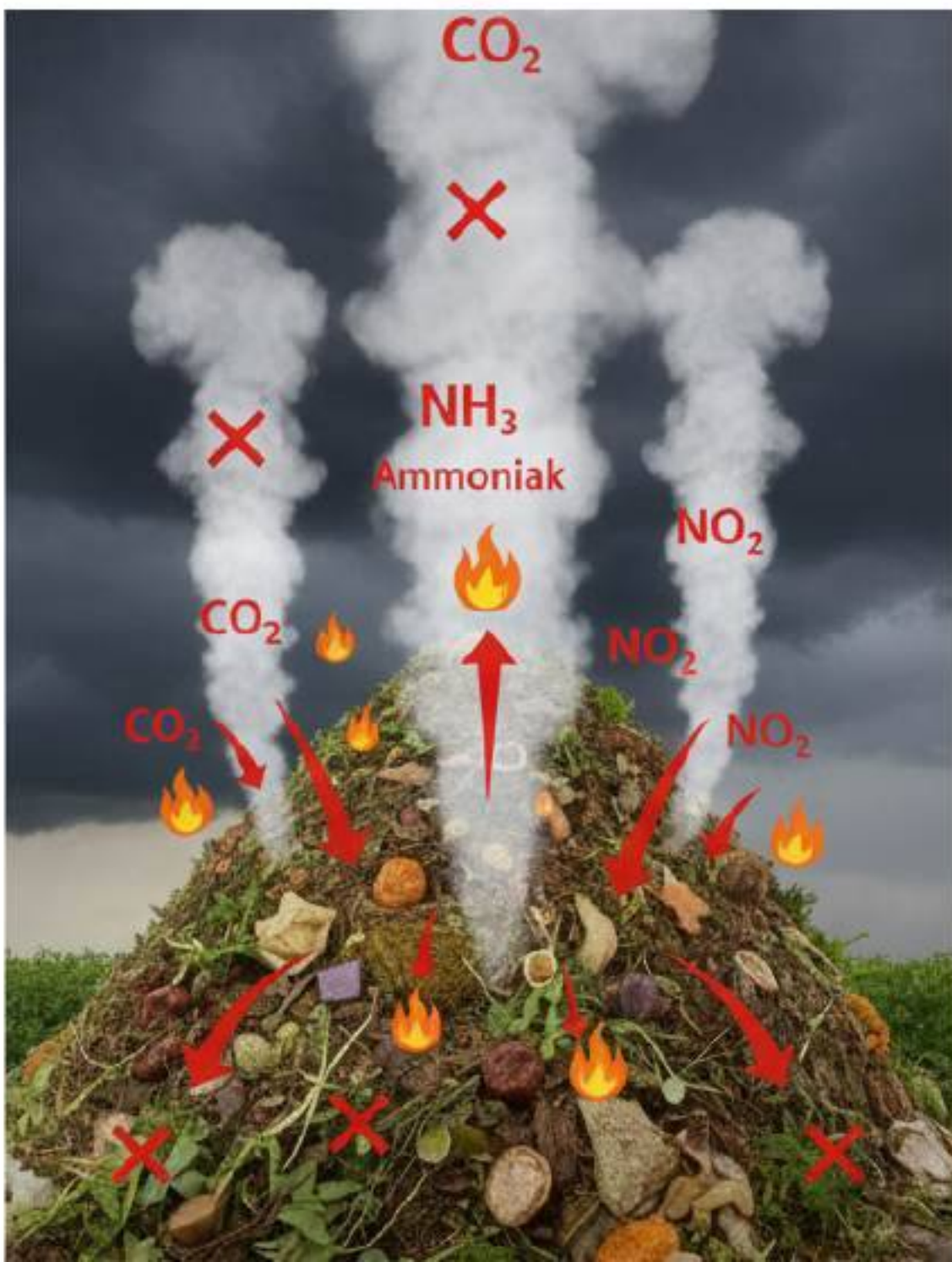
Kompostierung ist **aerob** – also sauerstoffreich.
Das hat Folgen:

- starke Oxidation
- Wärmeverluste
- Kohlenstoff wird als CO_2 freigesetzt
- bis zu **40–50 % C-Verlust**
- Stickstoffverluste (Ammoniak, Lachgas)

Kompost ist wertvoll –
aber **kein optimaler Humusbildner**, wenn das Ziel Dauerhumus & Klimawirkung ist.

Was wir brauchen, ist ein Verfahren, das:

- Kohlenstoff **konserviert**
- Mikroorganismen **aufbaut**
- Stickstoff **im System hält**
- Emissionen **vermeidet**



Mikro-Bio-Turbation (MBT): das Prinzip

Die Mikro-Bio-Turbation ist ein **kontrollierter fermentativer Prozess**, bei dem:

- biogene Reststoffe
- unter **anaeroben Bedingungen**
- mit **gezielten Mikroorganismen**
- und **Mineralzugaben**

in ein **mikrobiell hochaktives, stabiles Substrat** überführt werden.

MBT ist:

- keine klassische Silierung
- keine einfache Fermentation
- keine Kompostierung

MBT ist **biologische Prozessführung**.



MBT vs. Kompost: der direkte Vergleich

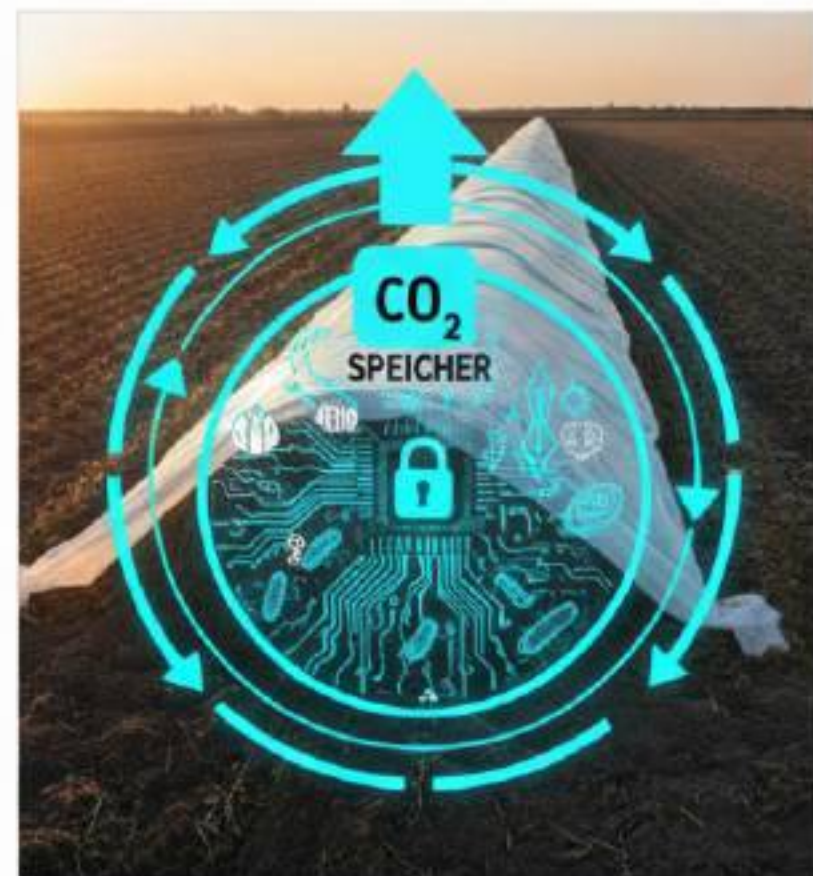
Kriterium	Kompostierung	Mikro-Bio-Turbation
Prozess	aerob	anaerob/mikroaerophil
C-Verlust	hoch (bis 50 %)	gering (< 15 %)
Stickstoff	Ausgasung	Fixierung
Temperatur	sehr hoch	moderat
Mikroben	reduziert	erhalten & vermehrt
Ziel	Nährstoffbereitstellung	Humusaufbau & Stabilität

MBT liefert kein Endhumus,
sondern eine **hochwertige Vorstufe für MAOM-Bildung im Boden.**

KOMPOSTIERUNG



MIKRO-BIO-TURBATION





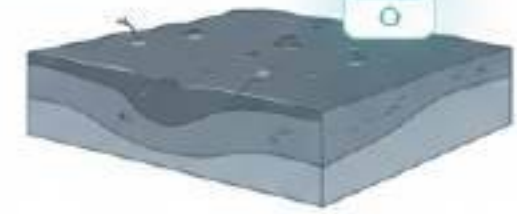
Prozessparameter: die Stellschrauben

Trockensubstanz (entscheidend!)

- Ziel: **30–35 % TS**
- darunter: Fäulnisrisiko
- darüber: Biologie limitiert

Trockensubstanz

30-35% TS



Mietenhöhe

- **3–4 m**, technisch auch bis 5 m
- große Mieten = stabile anaerobe Kerne

Mineralien

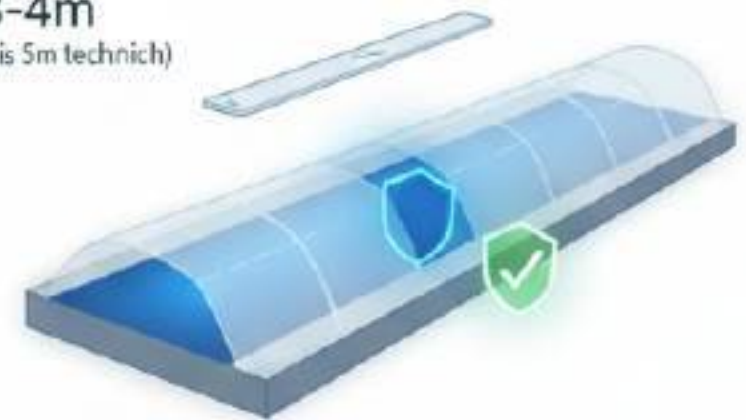


Mineralien

- ca. **1,5 kg/m³**
- Pufferung
- Spurenelemente
- Besiedlungsflächen

Mietentiefe

3-4m
(bis 5m technisch)



Mikroorganismen

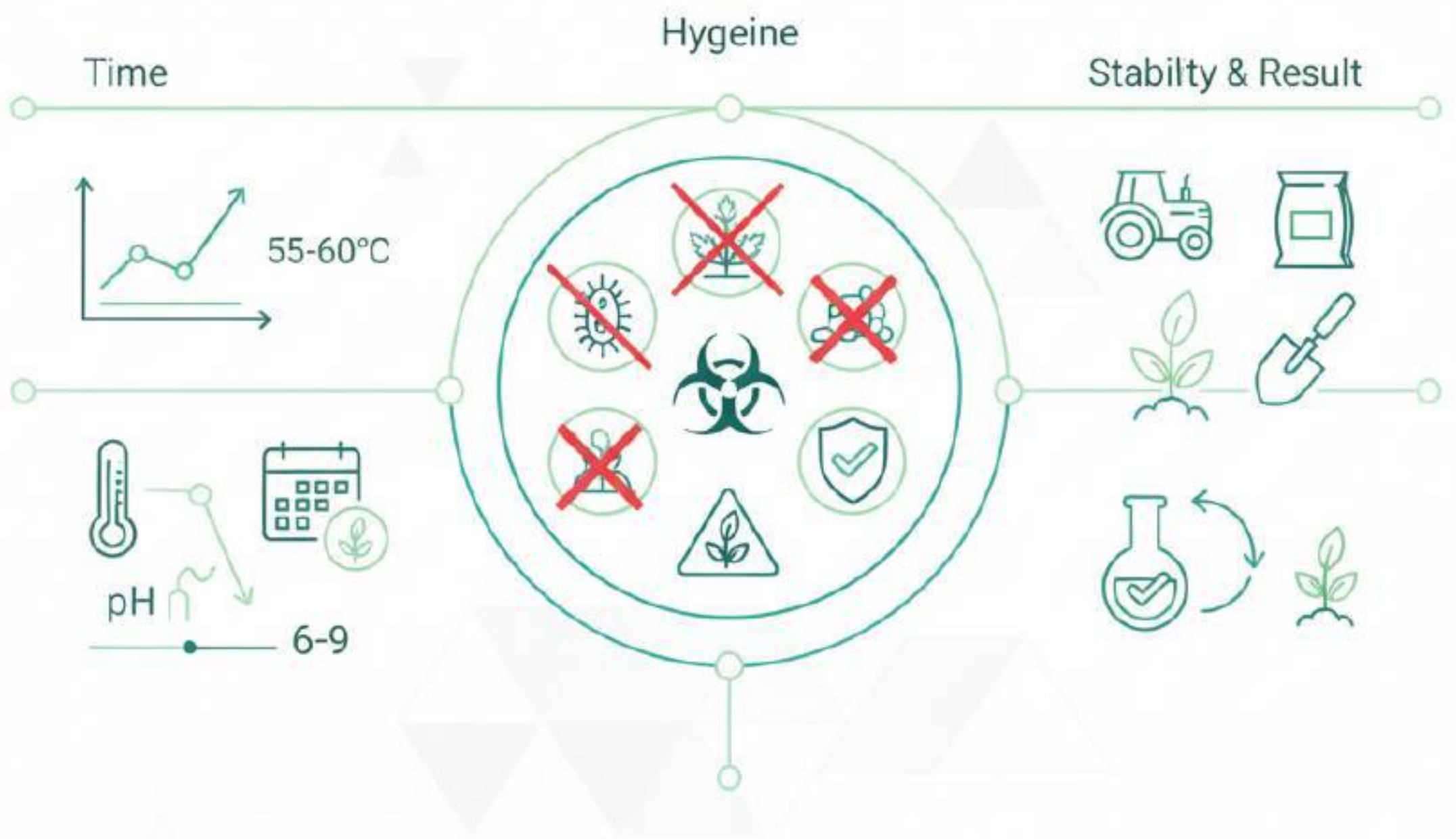
- spezifische Konsortien
- Milchsäurebakterien
- Hefen
- Begleitflora

Mikroorganismen



Biologische Prozessführung

hochwertige Vorstufe für MAOM-Bildung



Zeit, Hygiene & Sicherheit

MBT ist **kein Risiko**, sondern kontrollierte Biologie.

- Temperaturphase bis ca. **55–60 °C**
- pH-Absenkung durch organische Säuren
- Unterdrückung von Pathogenen
- Abbau von Unkrautsamen
- keine Fäulnis, kein Gestank

Reifezeit:

- **6–9 Monate**
- danach lager- und ausbringfähig

Das Ergebnis ist ein **stabiles, hygienisiertes Energiesubstrat**, bereit für Landwirtschaft, Gartenbau und Substratwirtschaft.

Humus in der Praxis: Der 4-Schritt-Plan, der wirklich funktioniert

Humusaufbau ist kein „mehr organische Masse draufwerfen“.

Humusaufbau ist **Systemführung**. Und zwar immer nach dem gleichen Prinzip:

1) Analyse (Status Quo)

Bevor du anfängst, musst du wissen, wo du stehst. Nicht als Bauchgefühl, sondern als Messwert. Genau dafür gibt es saubere Standards (siehe Messkapitel). Der Punkt ist simpel: **Ohne Basislinie ist jede Veränderung nur Behauptung.**

2) Inokulation & Aktivierung (Mikrobiom aufbauen)

Wenn du Humus aufbauen willst, brauchst du **mikrobielles Wachstum**. Dafür brauchst du:

- Kohlenstoff in einer Form, die Mikroben schnell nutzen können
- Strukturträger (Faseranteile)
- Mineraloberflächen als Bindepartner

Hier liegt der Kern der MBT-Logik: **Fermentation konserviert Kohlenstoff und baut mikrobielle Aktivität auf**, statt sie durch Oxidation zu verlieren (Vorteile/Mechanik sind in den MBT-Bausteinen klar benannt).

3) Fütterung (Wurzelpower & Exsudate)

Der schnellste Humusmotor ist nicht „oberirdischer Kompost“.

Die schnellste Humusbildung läuft über **Wurzelmasse und Wurzelexsudate** – das ist die tägliche Kohlenstoffpumpe ins Bodenleben. In deinem Material ist das als harte Aussage hinterlegt: *Mit Wurzelmasse baut man deutlich schneller Humus auf als nur über oberirdische Gaben.*

4) Schutz (Bodenstruktur und Biologie stabilisieren)

Das wichtigste ist: **Nicht zerstören, was du aufgebaut hast.**

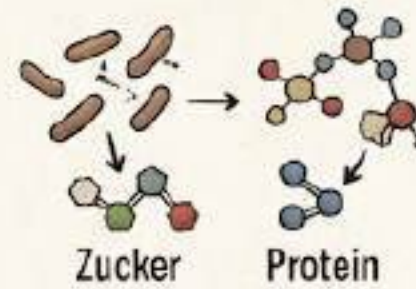
Bodenruhe, minimale Störung, Schutz durch Pflanzen, und sauberes Wasser-/Luft-Management.



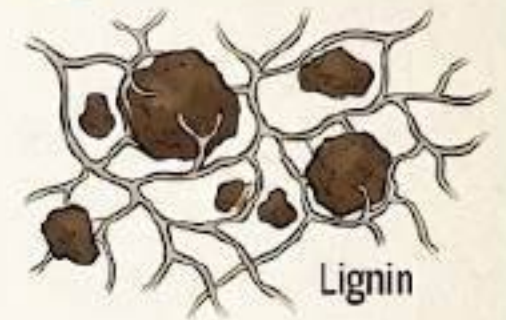
MIKROORGANISMEN: DER HUMUSMOTOR



BAKTERIEN (Schnellstarter)



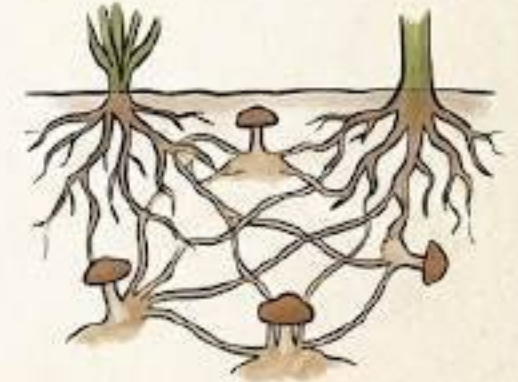
PILZE (Stabilitätsbauer)



AKTINOBAKTERIEN (Faser-Spezialisten)



MYKORRHIZA (Kohlenstoff-Netzwerk)



MERKSATZ: WENN DU DAUERHUMUS WILLST, MUSST DU MIKROBEN WACHSEN LASSEN.

Mikroorganismen: Ohne Mikroben kein Humus

In einer Handvoll Boden leben mehr Mikroorganismen, als Menschen auf der Erde. Und diese Organismen sind nicht „Begleitmusik“ – sie sind der **Humusmotor**.

Die wichtigsten Gruppen und ihre Aufgaben:

Bakterien – Schnellstarter

Sie zerlegen leicht verfügbare Stoffe (Zucker, Proteine) und treiben den schnellen Umsatz an. Viele steuern direkt den Stickstoffkreislauf (nitrifizierend/denitrifizierend). Beispiele sind im Material genannt.

Pilze – Stabilitätsbauer

Pilze bauen schwer abbaubares Material (z. B. Lignin) um und tragen über Huminstoffe zur Stabilisierung bei. Sie bilden Fäden, die den Boden strukturieren.

Aktinobakterien – Faser-Spezialisten

Sie sind stark in der Zersetzung faseriger Stoffe und helfen, Fäulnis/Fehlgärungen zu vermeiden.

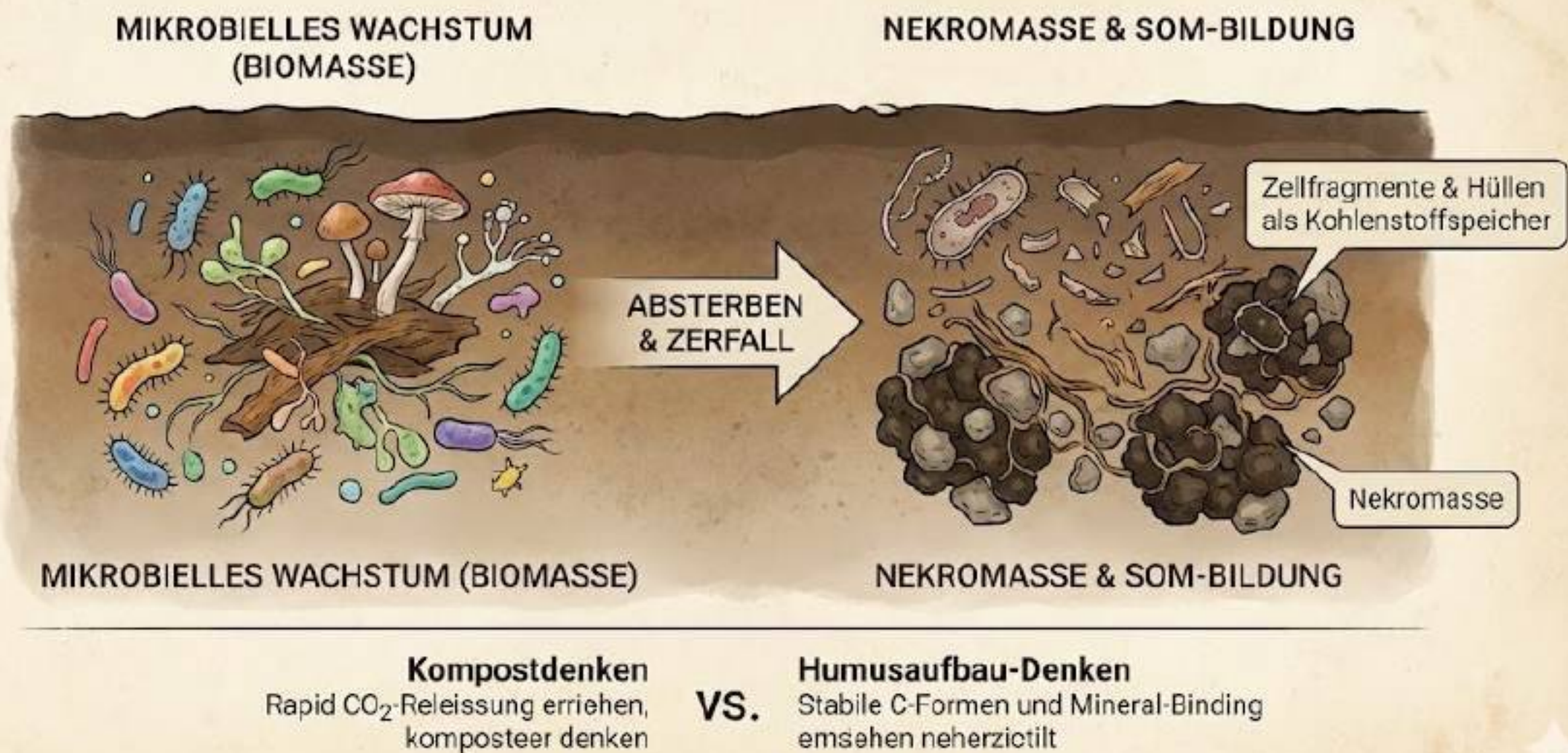
Mykorrhiza – das Kohlenstoff-Netzwerk

Mykorrhiza lebt in Symbiose mit der Pflanze, erweitert das Wurzelsystem massiv und stabilisiert Humus über unterirdische Netzwerke.

Merksatz:

Wenn du Dauerhumus willst, musst du **Mikroben wachsen lassen** – nicht nur Material ausbringen.

NEKROMASSE: DER SCHLÜSSEL ZUM DAUERHUMUS



Nekromasse: Der unterschätzte Schlüssel zum Dauerhumus

Der größte Aha-Moment moderner Bodenkunde ist:

Stabiler Humus entsteht zu großen Teilen aus mikrobiellen Resten (Nekromasse).

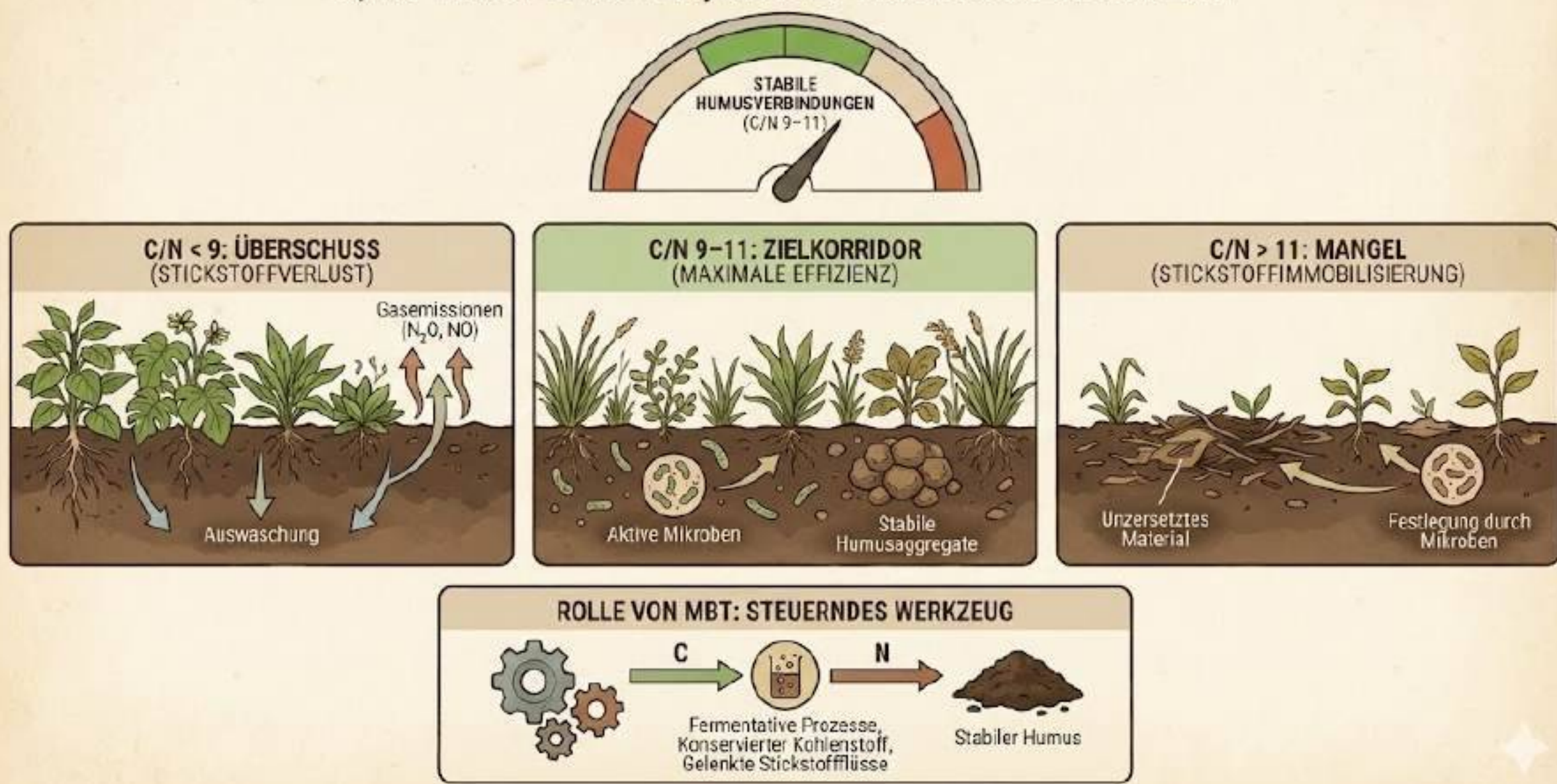
In deinem Dokument ist das sehr deutlich beschrieben und sogar mit Experiment-/Mikroskopie-Logik begründet: Nach langer Inkubation blieben große Teile des Kohlenstoffs im **nicht lebenden** SOM-Anteil, und statt intakter Zellen fand man organische Fragmente, die aus dem Zerfall mikrobieller Zellhüllen stammen – als wesentlicher Beitrag zur SOM-Bildung.

Was bedeutet das praktisch?

- Wir brauchen **Mikrobenwachstum** (Biomasse aufbauen).
- Wir brauchen **Mineraloberflächen**, die diese Reste binden.
- Wir brauchen **C-Formen**, die nicht sofort als CO₂ „veratmet“ werden.

Genau hier trennt sich „Kompostdenken“ von „Humusaufbau-Denken“.

C/N: DAS FENSTER, IN DEM HUMUS ENTSTEHT



C/N: Das Fenster, in dem Humus entsteht

Humus wird im Boden kontinuierlich aufgebaut oder abgebaut. Ein zentraler Steuerungsparameter dieses Prozesses ist das **C/N-Verhältnis** der organischen Substanz. Es entscheidet darüber, ob Kohlenstoff stabil gebunden oder wieder mineralisiert wird und ob Stickstoff im System gehalten oder verloren geht.

Für **stabilisierte Humusverbindungen** liegt der funktionale Zielkorridor bei:

C/N 9-11

→ maximale mikrobielle Effizienz und stabile organisch-mineralische Bindungen.

C/N < 9

→ Überschuss an mineralisierbarem Stickstoff

→ beschleunigte Nitrifikation

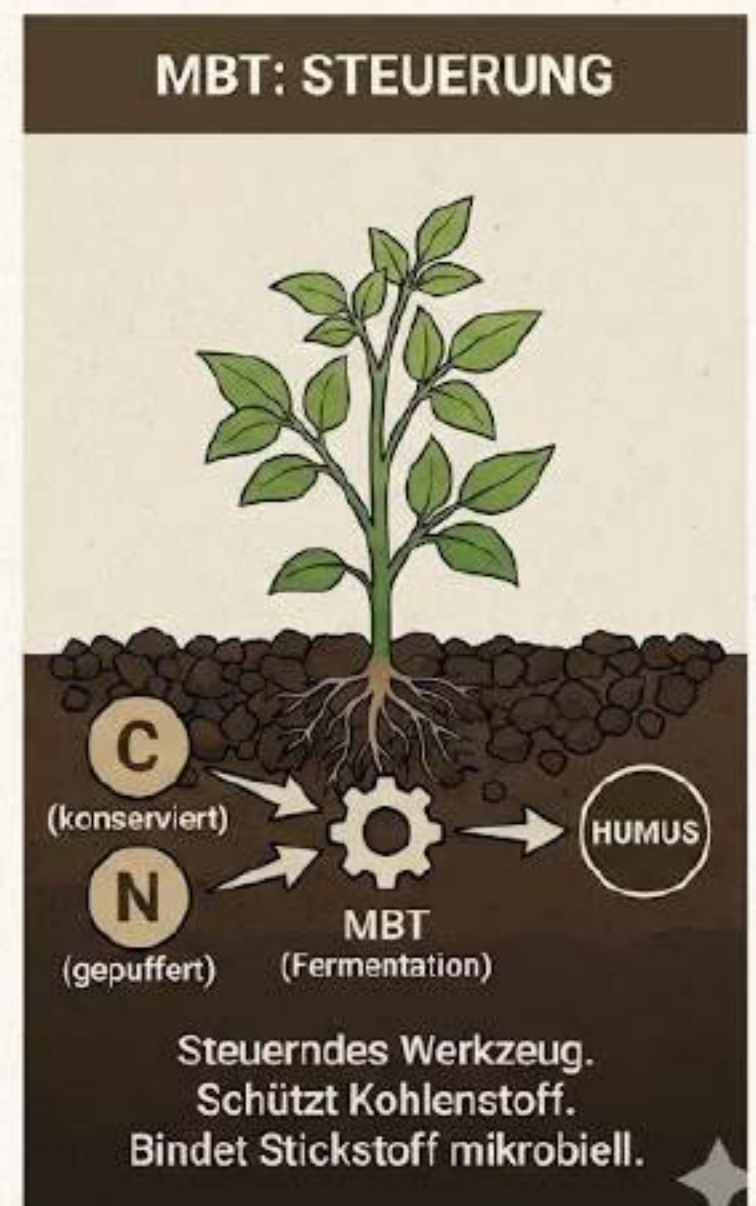
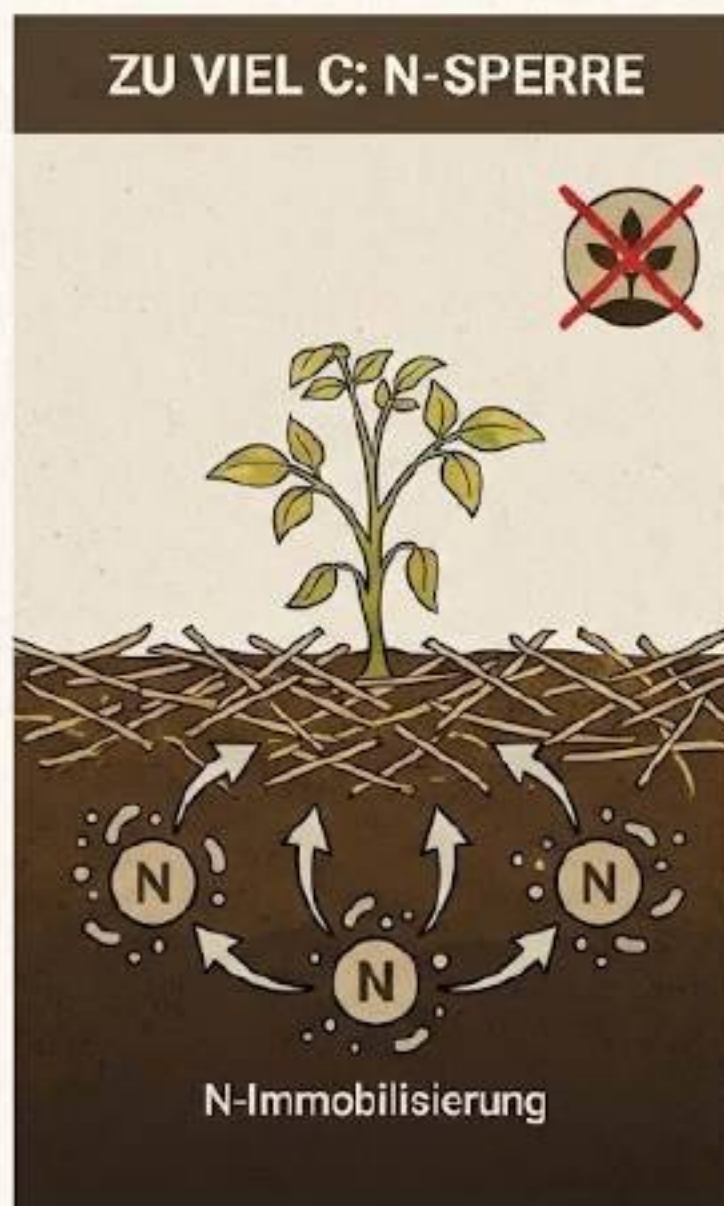
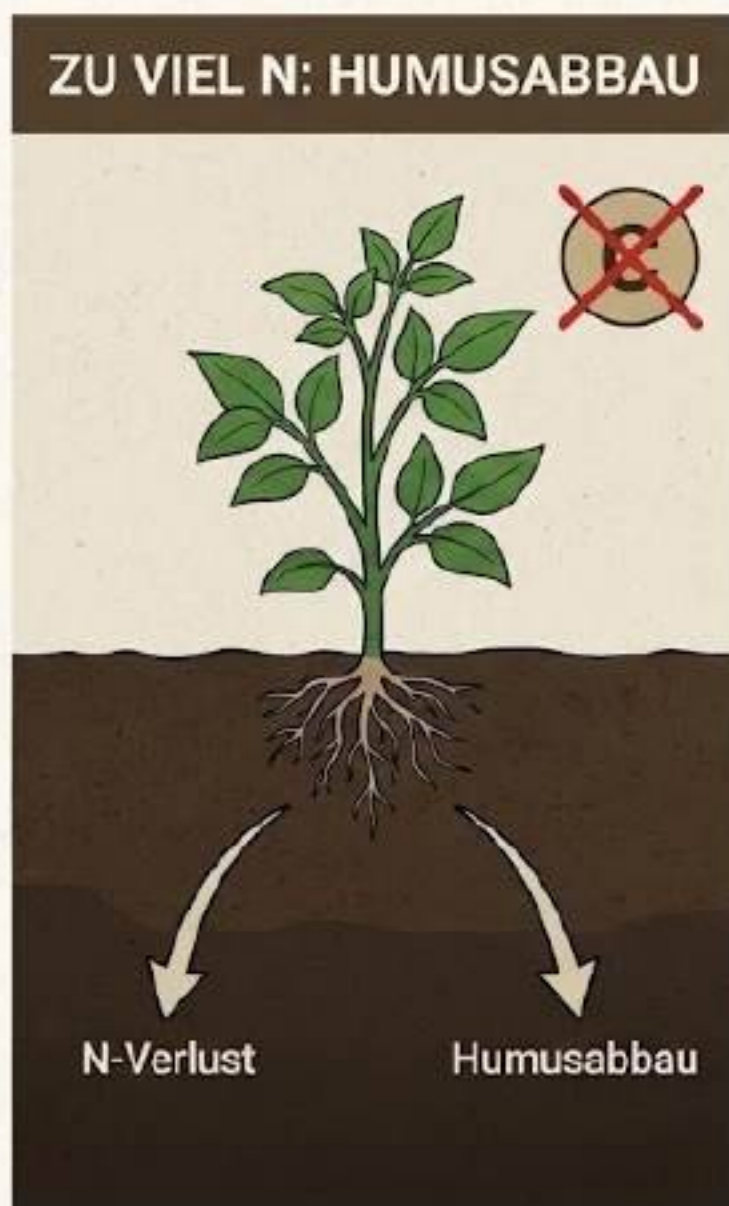
→ erhöhtes Risiko für Auswaschung und gasförmige Verluste bei fehlender Pflanzenaufnahme.

C/N > 11

→ erhöhter mikrobieller Stickstoffbedarf

→ Immobilisierung von mineralischem Stickstoff

→ temporäre Stickstoffverknappung im pflanzenverfügbaren Pool.



Was bedeutet das in der Praxis?

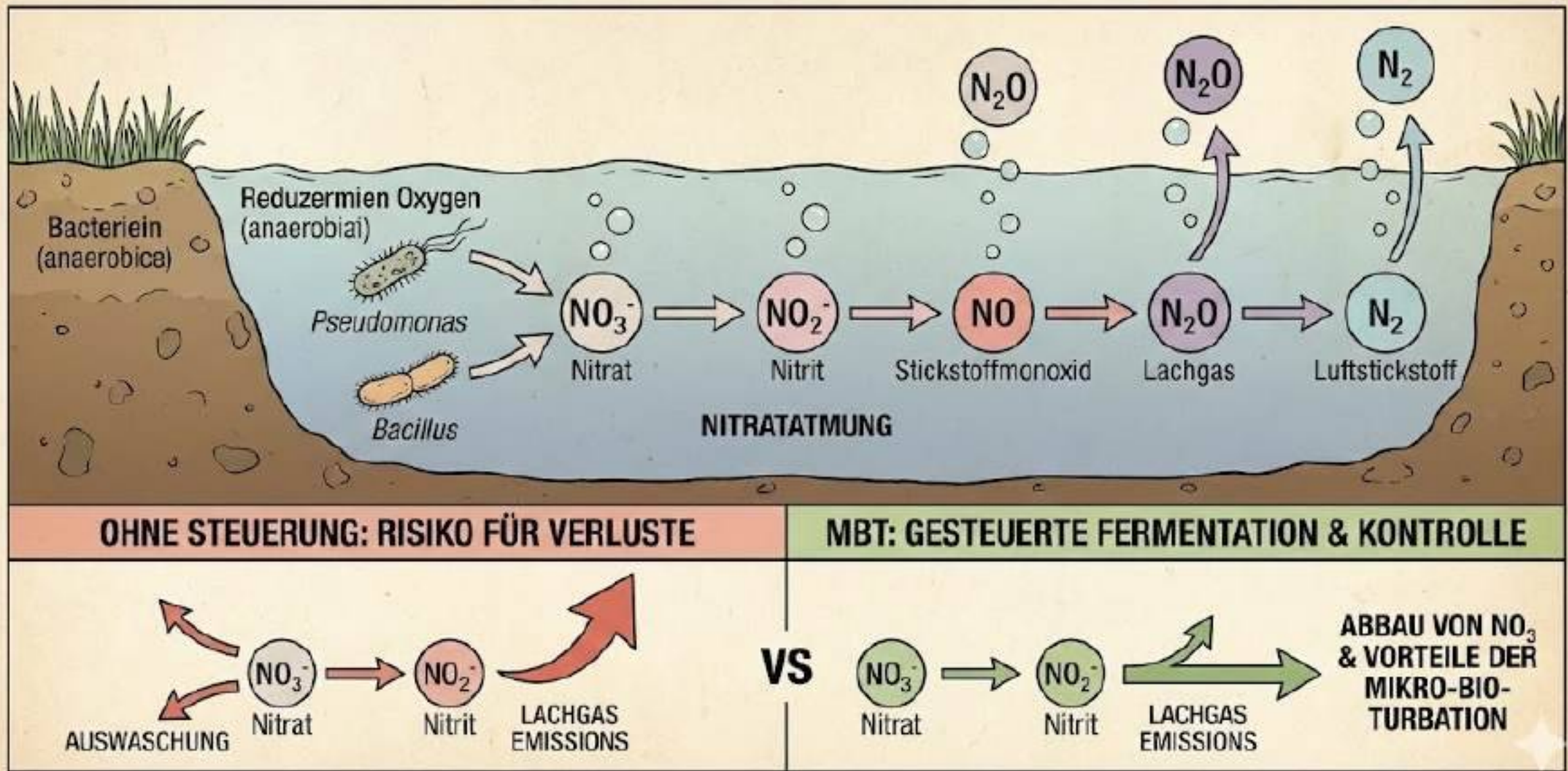
Ein **zu stickstoffreiches System ohne ausreichende Struktur** führt kurzfristig zu starkem Pflanzenwachstum, langfristig jedoch zu Humusabbau und Stickstoffverlusten.

Ein **zu kohlenstoffreiches System ohne begleitendes Stickstoffmanagement** zwingt Mikroorganismen, Stickstoff aus dem Boden zu binden, was zu Wachstumsdepressionen trotz hoher organischer Substanz führen kann.

Rolle von MBT im C/N-Management

MBT wirkt in diesem Kontext als **steuerndes Werkzeug**, nicht als Nährstoffersatz. Durch fermentative Prozesse wird Kohlenstoff konserviert und vor unkontrollierter Oxidation geschützt. Gleichzeitig werden Stickstoffflüsse zeitlich und mikrobiell gebunden, wodurch verlustrelevante Prozesse – einschließlich ungünstiger Denitrifikationspfade – reduziert und in eine bodenfreundliche Richtung gelenkt werden.

DENITRIFIKATION: STICKSTOFF STEuern STATT VERLIEREN



Denitrifikation: Stickstoff steuern statt verlieren

Denitrifikation ist kein Schreckgespenst. Sie ist ein **natürlicher Prozess**, der unter Sauerstoffarmut abläuft und Nitrat als Elektronenakzeptor nutzt – auch „Nitratatmung“ genannt.

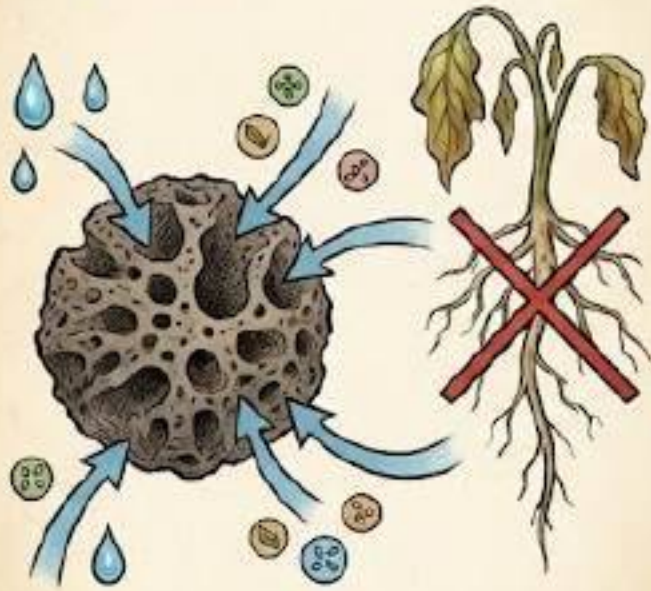
Warum ist das wichtig?

- Nitrat ist mobil → Risiko für Auswaschung.
- Unter passenden Bedingungen kann Nitrat in stabile, weniger problematische Formen überführt werden.
- In MBT-Systemen wird genau diese Prozesswelt genutzt: **Fermentation statt Fäulnis, Kontrolle statt Zufall.**

Die Kernaussage in deinem Vergleichsteil ist eindeutig: *Abbau von NO_3^- durch Denitrifikation* gehört zu den Vorteilen der Mikro-Bio-Turbation.

BIOCHAR & TERRA PRETA: DAS MIKROBEN-HOTEL

PROBLEM: „LEERE“ PFLANZENKOHLE (SCHWAMM-EFFEKT)



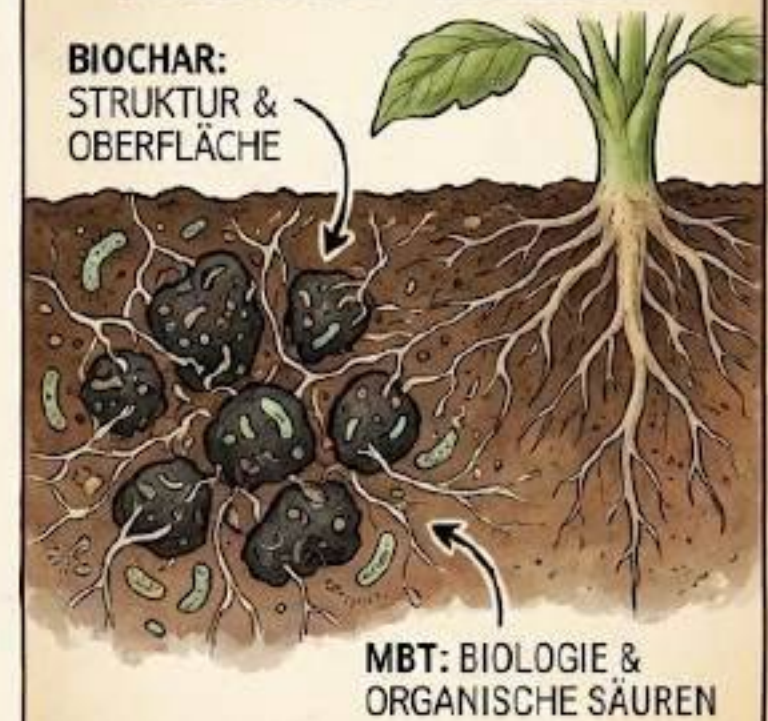
Saugt Nährstoffe & Wasser, entzieht es den Pflanzen.

LÖSUNG: AKTIVIEREN (AUFLADEN)



Aufladen vor Ausbringung.

DAS HUMUSGURU-SYSTEM: STRUKTUR + BIOLOGIE



Humusbildung + Wasser + Nährstoffpuffer + Klimawirkung.

Biochar & Terra Preta: Das Mikroben-Hotel

Pflanzenkohle ist kein Wundermittel, solange sie „leer“ ist.

Sie funktioniert wie ein Schwamm: Sie saugt, was da ist — und entzieht es im Zweifel erst einmal den Pflanzen.

Darum gilt die Regel:

Biochar immer aktivieren

Deine Praxisanleitung ist bereits sehr klar:

- Aufladen mit Komposttee, Bokashi-Sickersaft, Mist/Gülle, EM
- **2–4 Wochen** Ladezeit vor Ausbringung
- erst dann in Boden/Kompost/Hochbeet einarbeiten.

Humusguru-Logik:

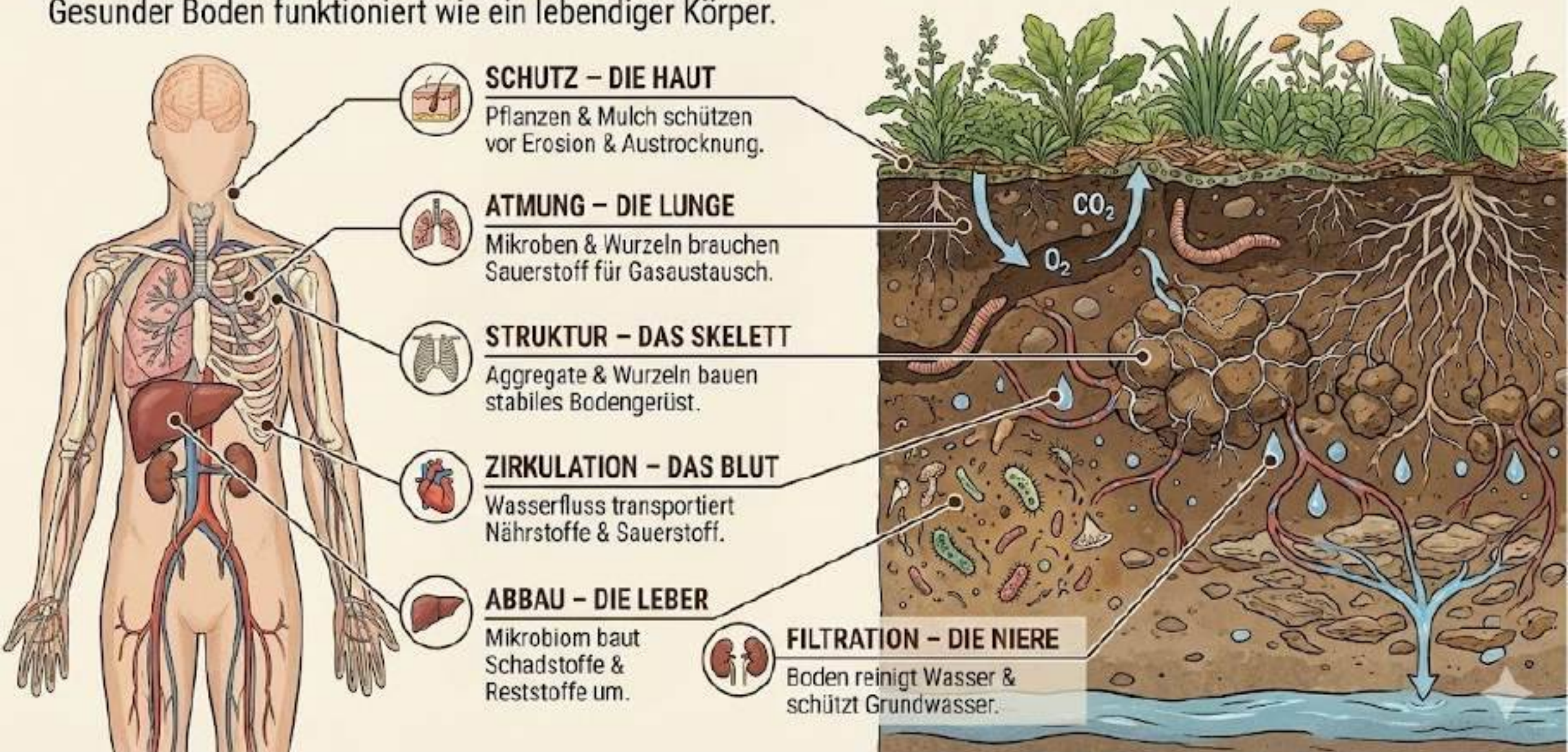
Biochar liefert die Struktur und Oberfläche.

MBT liefert die Biologie und organische Säuren.

Zusammen entsteht ein System, das **Humusbildung + Wasser + Nährstoffpuffer + Klimawirkung** gleichzeitig verbessert.

DER BODEN ALS ORGANISMUS: METAPHERN FÜR DIE PRAXIS

Gesunder Boden funktioniert wie ein lebendiger Körper.



Boden als Organismus: die beste Erklärung für Praktiker

Ich erkläre Boden gerne so, dass man ihn **fühlt**, aber fachlich korrekt bleibt:

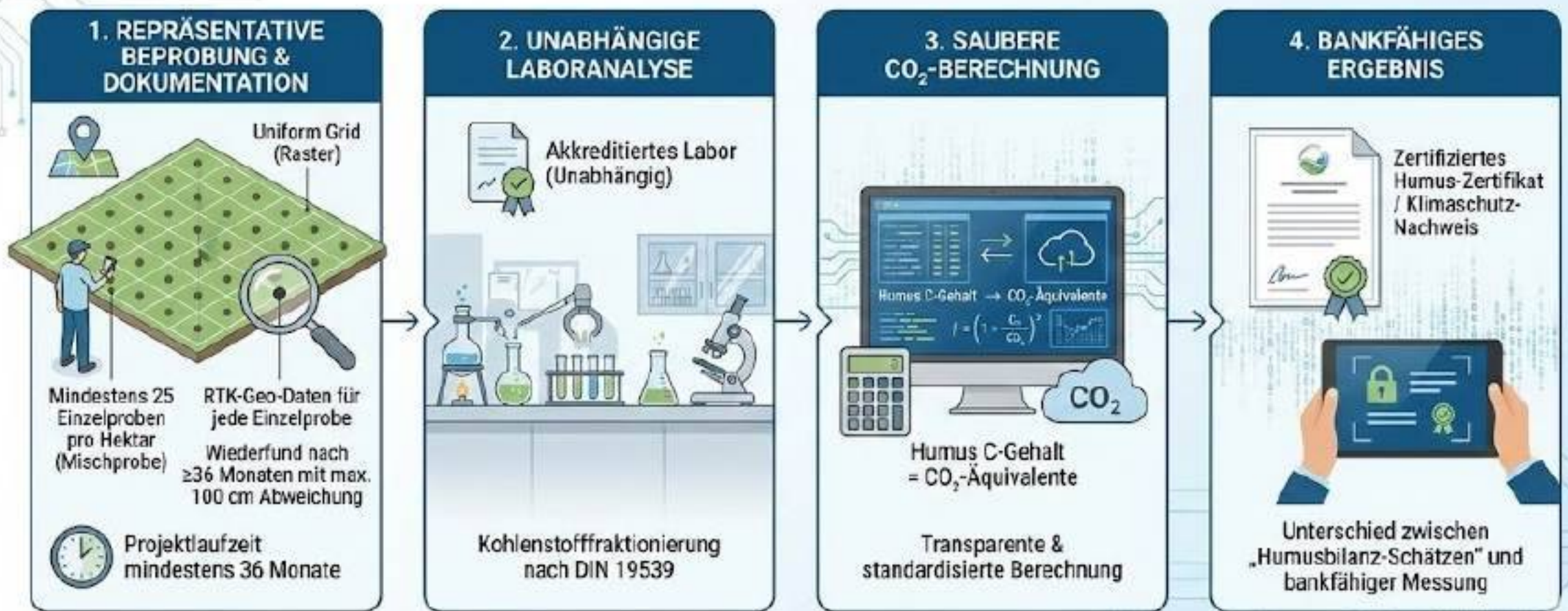
- **Schutz** – „die Haut“: Pflanzen schützen, Mikroben stabilisieren.
- **Atmung** – „die Lungen“: Mikroben setzen Stoffe um, geben CO₂ ab.
- **Struktur** – „das Skelett“: Mikroben + Wurzeln bauen Aggregate.
- **Zirkulation** – „das Blut“: Wasser transportiert Nährstoffe und O₂.
- **Abbau** – „die Leber“: Schadstoffe werden umgebaut.
- **Filtration** – „die Nieren“: Boden filtert und schützt Grundwasser.

Warum ist diese Metapher wichtig?

Weil sie sofort zeigt, welche Managementfehler krank machen:

- nackter Boden → Haut fehlt
- Verdichtung → Blutkreislauf bricht
- Dauerbearbeitung → Skelett zertrümmert
- Überdüngung → Stoffwechsel kippt

HUMUS MESSEN: ACS 2030 ALS STANDARD-LOGIK – Der Weg zur bankfähigen, zertifizierten Humus-Bilanzierung



Humus messen: ACS 2030 als Standard-Logik

Wenn du Humus professionell aufbauen willst, brauchst du ein System, das:

1. repräsentativ beprobt
2. reproduzierbar wiederfindet
3. im Labor unabhängig analysiert
4. CO₂-Äquivalente sauber berechnet

ACS 2030 liefert genau diese Denklogik:

- Projektlaufzeit mindestens **36 Monate**
- pro Hektar Mischprobe aus **mindestens 25 Einzelproben**
- Raster/Uniform Grid
- **jede Einzelprobe mit RTK-Geo-Daten dokumentiert**, um Folgeproben mit max. 100 cm Abweichung wiederzufinden
- Analyse durch **akkreditiertes Labor**, Kohlenstofffraktionierung nach **DIN 19539**

Das ist der Unterschied zwischen „Humusbilanz-Schätzen“ und **bankfähiger Messung**.



CO₂-Berechnung: so wird aus Boden ein belastbarer Wert

Die CO₂-Berechnung im ACS-Dokument ist bewusst transparent aufgebaut:

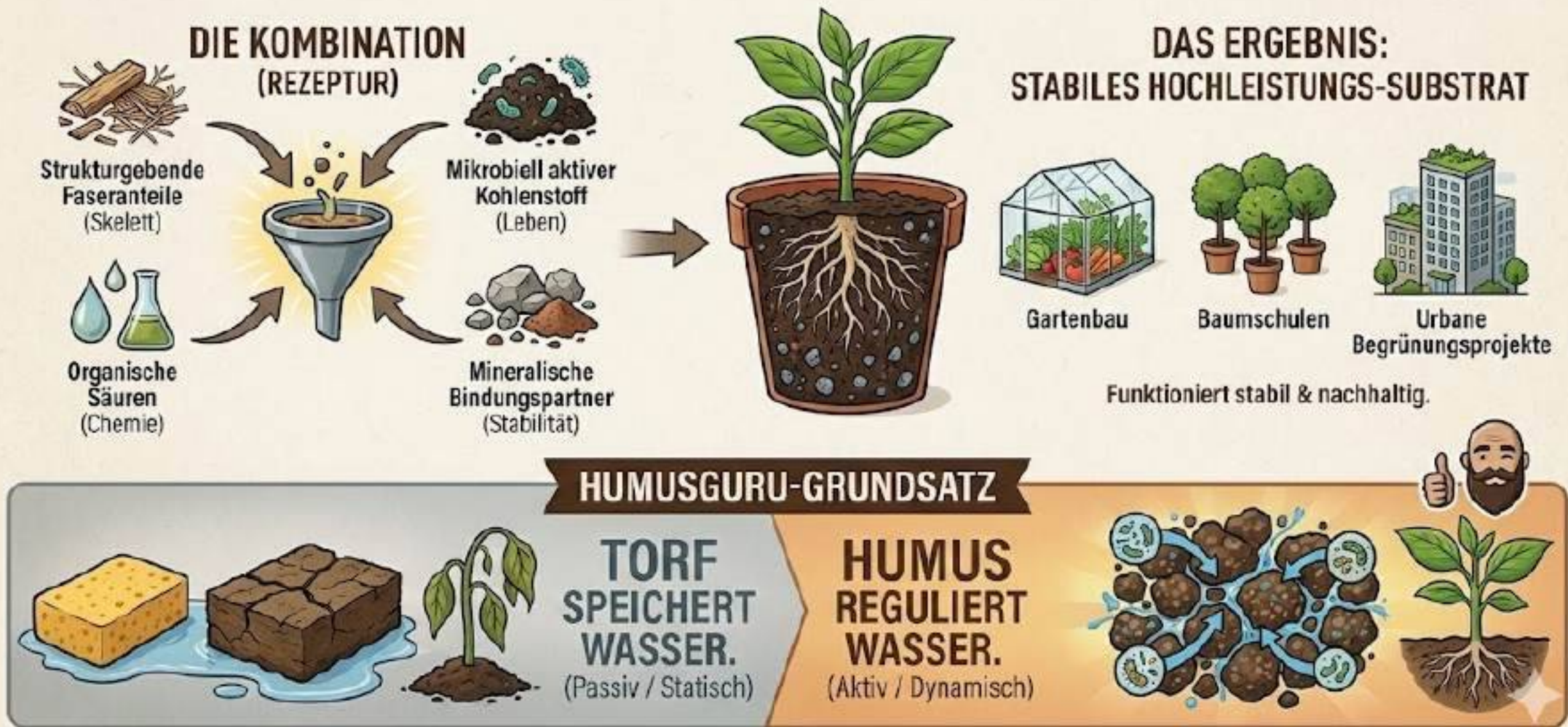
- $VOL_{\text{gewicht}} (t) = VOL \times LD \times 1/100$
- $C_{\text{gesamt}} (t) = C\% \times VOL_{\text{gewicht}} / 100$
- $CO_2 = C_{\text{gesamt}} \times 3,67$

Und: ACS erlaubt, den **Kohlenstoff-Lebenszyklus** zu berücksichtigen, indem Fraktionen unterschiedlich gewichtet werden (z. B. TOC400 anteilig).

Das ist wichtig, weil es zeigt:

Wir reden nicht über „Marketing-CO₂“, sondern über konservative, prüfbare Logik.

MBT-BASIERTE SUBSTRATE: FUNKTIONALE ÜBERLEGENHEIT STATT NUR ERSATZ



Torfersatz & Substratwirtschaft: Warum Humus der bessere Rohstoff ist

Der Ausstieg aus dem Torf ist politisch beschlossen und ökologisch zwingend. Doch viele torffreie Substrate scheitern in der Praxis, weil sie **Biologie durch Physik ersetzen wollen**.

Torf kann:

- Wasser speichern
- Struktur halten
- Nährstoffe puffern

Was Torf **nicht** kann:

- Leben aufbauen
- Kohlenstoff dauerhaft binden
- Biodiversität fördern

MBT-basierte Substrate setzen genau hier an. Sie kombinieren:

- **strukturgebende Faseranteile**
- **mikrobiell aktiven Kohlenstoff**
- **organische Säuren**

- **mineralische Bindungspartner**

Das Ergebnis ist kein „Ersatz“, sondern ein **funktional überlegenes Substrat**, das im Gartenbau, in Baumschulen und in urbanen Begrünungsprojekten stabil funktioniert.

Humusguru-Grundsatz:

Torf speichert Wasser.

Humus **reguliert** Wasser.

VORHER: AUSGANGSSITUATION
(Sandiger Ackerboden, 1,4% Humus, Dürreanfällig)



NACH 5 JAHREN: ERGEBNIS
(+0,8–1,0% Humus, Stabilere Erträge)



DAS ENTSCHEIDENDE: ZUSAMMENSPIEL AUS BIOLOGIE, ZEIT UND SCHUTZ.

Praxisbeispiel Landwirtschaft: Humusaufbau unter realen Bedingungen

Ausgangssituation

- sandiger Ackerboden
- Humusgehalt ca. **1,4 %**
- hohe Dürreanfälligkeit
- steigende Düngerkosten
- Ertragsschwankungen

Maßnahmen

- Einsatz von MBT-Energiesubstrat (Initialimpuls)
- Umstellung auf Zwischenfruchtmischungen mit hoher Wurzelaktivität
- Reduzierte Bodenbearbeitung
- Fokus auf Bodenruhe & Bodenbedeckung

Ergebnis nach 5 Jahren

- Humusgehalt: **+0,8–1,0 %**
- deutlich höhere Wasserhaltefähigkeit
- stabilere Erträge in Trockenjahren

- geringerer Mineraldüngereinsatz
- messbarer Kohlenstoffaufbau im Boden

Das Entscheidende war **nicht eine Maßnahme**, sondern das **Zusammenspiel aus Biologie, Zeit und Schutz**.



PRAXISBEISPIEL GARTENBAU & URBANE SYSTEME: MBT-SUBSTRATE IM EINSATZ



HUMUSGURU-FAZIT IN URBANEN SYSTEMEN:
Humus ist der beste Puffer gegen Hitze, Trockenheit und Pflegefehler.



Praxisbeispiel Gartenbau & urbane Systeme

Im Gartenbau gelten andere Rahmenbedingungen:

- hohe Qualitätsanforderungen
- gleichmäßige Struktur
- torffreie Ausschreibungen
- geringe Fehlertoleranz

MBT-Substrate haben sich hier bewährt in:

- Hochbeeten
- Dachgärten
- Stadtbäumen
- Fassadenbegrünung
- Kübel- und Containerpflanzen

Die Vorteile:

- geringerer Gießbedarf
- stabile Nährstoffnachlieferung
- weniger Stress für Pflanzen
- bessere Durchwurzelung

- langfristige Strukturstabilität

Gerade in urbanen Systemen zeigt sich:

Humus ist der beste Puffer gegen Hitze, Trockenheit und Pflegefehler.



WIRTSCHAFTLICHKEIT: HUMUS RECHNET SICH

~~Ideologie~~ → BETRIEBSWIRTSCHAFT

DIREKTE EFFEKTE (Kostensenkung & Stabilität)



Weniger
Mineraldünger



Geringerer
Wasserbedarf



Stabilere
Erträge



Geringere
Bodenschäden

INDIREKTE EFFEKTE (Risikominimierung & Wertsteigerung)



Bessere
Bonität



Geringeres
Risiko



Höhere
Flächenwertigkeit



Bessere
Versicherbarkeit

FAZIT: HUMUS IST KEIN KOSTENFAKTOR, SONDERN PRODUKTIONSKAPITAL.



Wirtschaftlichkeit: Humus rechnet sich

Humusaufbau ist keine Ideologie.

Humusaufbau ist **Betriebswirtschaft**.

Direkte Effekte:

- weniger Mineraldünger
- geringerer Wasserbedarf
- stabilere Erträge
- geringere Bodenschäden

Indirekte Effekte:

- bessere Bonität
- geringeres Risiko
- höhere Flächenwertigkeit
- bessere Versicherbarkeit

Humus ist damit kein Kostenfaktor, sondern **Produktionskapital**.

CO₂-ZERTIFIKATE & ERLÖSE: WAS REALISTISCH IST (UND WAS NICHT)

⚠️ Nicht jeder Humusaufbau ist automatisch ein Zertifikat. ⚠️ Nicht jedes Zertifikat ist gleich viel wert.

ENTSCHEIDEND SIND:



HOCHWERTIGE BODEN-KOHLLENSTOFF-ZERTIFIKATE (Carbon Removal)
Erzielen deutlich höhere Preise (Saubere Messung & Dokumentation)



REINE VERMEIDUNGSZERTIFIKATE



HUMUSGURU-HALTUNG:
LIEBER WENIGER ZERTIFIKATE MIT SUBSTANZ
ALS VIELE MIT GLAUBWÜRDIGKEITSRISIKO.



CO₂-Zertifikate & Erlöse: Was realistisch ist (und was nicht)

Nicht jeder Humusaufbau ist automatisch ein Zertifikat.
Und nicht jedes Zertifikat ist gleich viel wert.

Entscheidend sind:

- **Messbarkeit**
- **Zusätzlichkeit**
- **Dauerhaftigkeit**
- **Konservative Bewertung**

Hochwertige Boden-Kohlenstoff-Zertifikate (Carbon Removal) erzielen deutlich höhere Preise als reine Vermeidungszertifikate – **wenn sie sauber gemessen und dokumentiert sind.**

Humusguru-Haltung:

Lieber weniger Zertifikate mit Substanz
als viele mit Glaubwürdigkeitsrisiko.

MRV & QUALITÄTSSICHERUNG: VERTRAUEN ENTSTEHT DURCH SYSTEMATIK



EIN FUNKTIONIERENDES SYSTEM BRAUCHT:



ACS 2030 ALS BELASTBARE GRUNDLAGE:



MRV & Qualitätssicherung: Vertrauen entsteht durch Systematik

MRV bedeutet:

- **Measurement**
- **Reporting**
- **Verification**

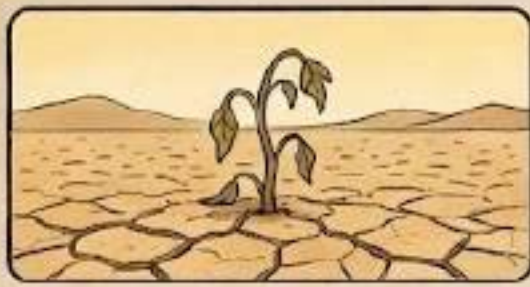
Ein funktionierendes System braucht:

- klare Beprobungslogik
- Wiederholbarkeit
- unabhängige Labore
- transparente Rechenwege
- dokumentierte Prozesse

ACS 2030 liefert dafür eine belastbare Grundlage, weil es **wissenschaftliche Genauigkeit** mit **praktischer Umsetzbarkeit** verbindet.

GRENZEN DES HUMUSAUFBAUS: EHRlichkeit SCHAFFT VERTRAUEN

GRENZEN (Limitierende Faktoren)



SEHR TROCKENE STANDORTE



EXTREM VERDICHTETE BÖDEN



FEHLENDE VEGETATIONSZEITEN



DAUERHAFTES BODENSTÖRUNG

SPRINT

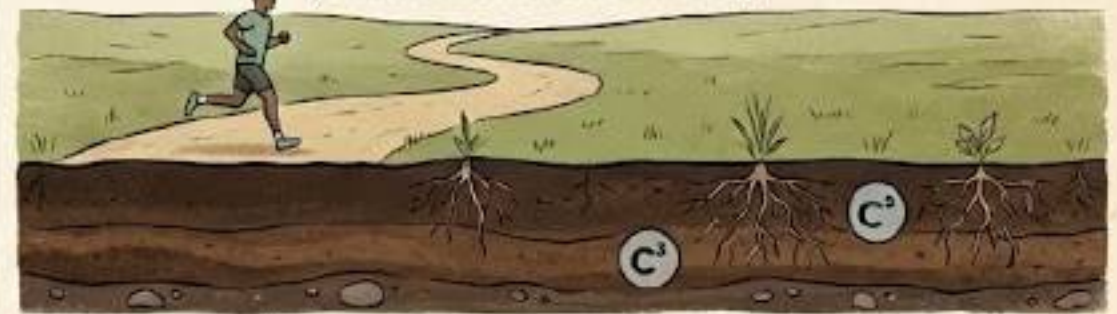
(Kurzfristige Effekte)



Wasser, Struktur, Biologie.
Schnell sichtbar, aber flüchtig.

MARATHON

(Stabiler Kohlenstoffaufbau)



Stabiler Kohlenstoff.
Braucht Jahre, ist dauerhaft.



EHRlichkeit & VERTRAUEN

Diese Ehrlichkeit ist entscheidend – Investoren, Behörden, Partner: Fakten statt Versprechen.

Grenzen des Humusaufbaus: Ehrlichkeit schafft Vertrauen

Humusaufbau hat Grenzen:

- sehr trockene Standorte
- extrem verdichtete Böden
- fehlende Vegetationsperioden
- dauerhafte Bodenstörung

Humus ist **kein Sprint**, sondern ein **Marathon**.

Erste Effekte (Wasser, Struktur, Biologie) zeigen sich oft schnell.
Stabiler Kohlenstoffaufbau braucht **Jahre**.

Diese Ehrlichkeit ist entscheidend – gerade gegenüber Investoren, Behörden und Partnern.

WAS WURZELEXSUDATE WIRKLICH SIND: STRATEGIE & FÜTTERUNG



TYPISCHE EXSUDAT-GRUPPEN (Funktionsgruppen)

<p>ZUCKER & ORGANISCHE SÄUREN (schnelle Energie, pH-Steuerung, Mineralmobilisierung)</p> <p>Lösen Nährstoffe & füttern Bakterien.</p>	<p>AMINOSÄUREN/PEPTIDE (N- und C-Quelle, Mikrobiom-Trigger)</p> <p>Stimulieren spezifisches Mikrobiom-Wachstum.</p>	<p>PHENOLE/SEKUNDÄRE PFLANZENSTOFFE (Signalstoffe, Abwehr, Mikrobiom-Selektion)</p> <p>Kommunikation & Schutz vor Feinden.</p>	<p>SCHLEIMSTOFFE (MUCILAGE) (Wasserfilm, Aggregatbildung, Schutz)</p> <p>Verbessern Wasserhaltefähigkeit & Bodenstruktur.</p>
--	--	---	--

Zusatzmodul für den Leitfaden

Wurzelexsudate

Der unsichtbare Humus-Turbo unter deinen Füßen

1) Was Wurzelexsudate wirklich sind

Wurzelexsudate sind **lösliche Kohlenstoffverbindungen**, die Pflanzen aktiv über die Wurzeln in den Boden abgeben. Das ist keine „Abgabe aus Versehen“, sondern **Strategie**: Die Pflanze füttert Mikroorganismen, damit diese im Gegenzug Nährstoffe mobilisieren, Krankheiten unterdrücken und Wasser- sowie Strukturstabilität verbessern.

Merksatz:

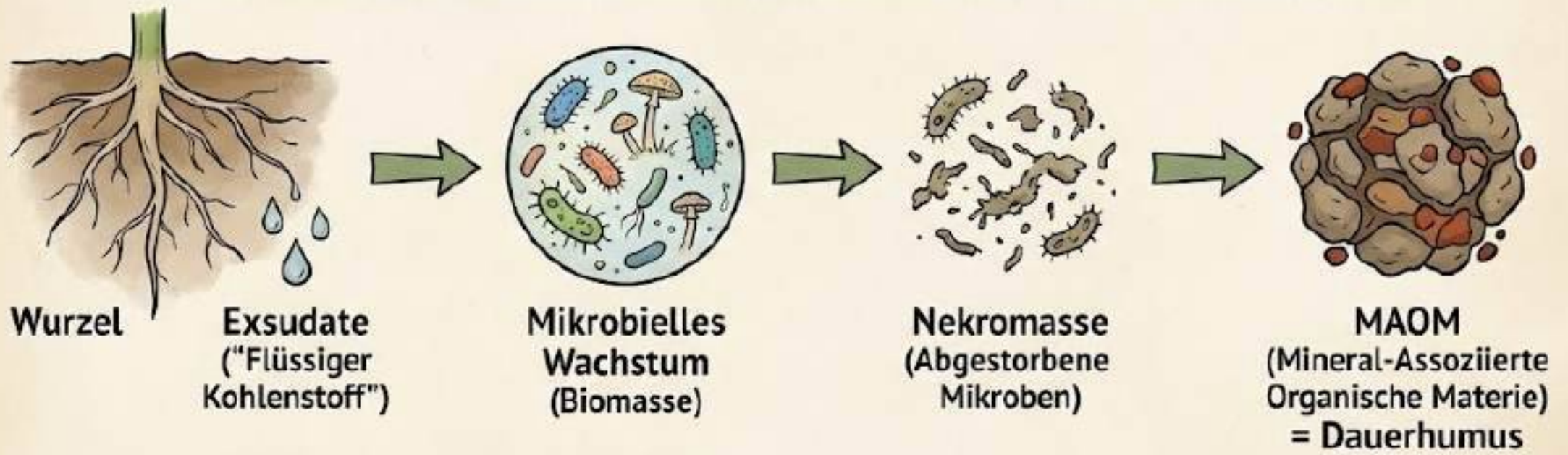
Die Pflanze kauft sich mit Zucker und Aminosäuren ihr eigenes Boden-Team.

Typische Exsudat-Gruppen:

- **Zucker & organische Säuren** (schnelle Energie, pH-Steuerung, Mineralmobilisierung)
- **Aminosäuren/Peptide** (N- und C-Quelle, Mikrobiom-Trigger)
- **Phenole/sekundäre Pflanzenstoffe** (Signalstoffe, Abwehr, Mikrobiom-Selektion)
- **Schleimstoffe (Mucilage)** (Wasserfilm, Aggregatbildung, Schutz)

WARUM EXSUDATE HUMUS SCHNELLER MACHEN (POM → MAOM)

DER PROZESS: VOM FLÜSSIGEN KOHLENSTOFF ZUM DAUERHUMUS



Viel Wurzel  + Viel Mikrobiom  + Mineralbindung  = Effektiver Humusaufbau

PRAXISREGEL: Mit der Wurzelmasse baut man deutlich schneller Humus auf als nur mit oberirdischen Inputs (z.B. Stroh).

Warum Exsudate Humus schneller machen (POM → MAOM)

Exsudate sind „flüssiger Kohlenstoff“ — und damit die **schnellste Eintrittskarte** in die Mikrobiologie.

So entsteht daraus Dauerhumus:

1. Exsudate treiben **mikrobielles Wachstum** (Biomasse)
2. Mikroben sterben ab → **Nekromasse**
3. Nekromasse bindet an **Ton/Fe-Oxide** → **MAOM (Dauerhumus)**

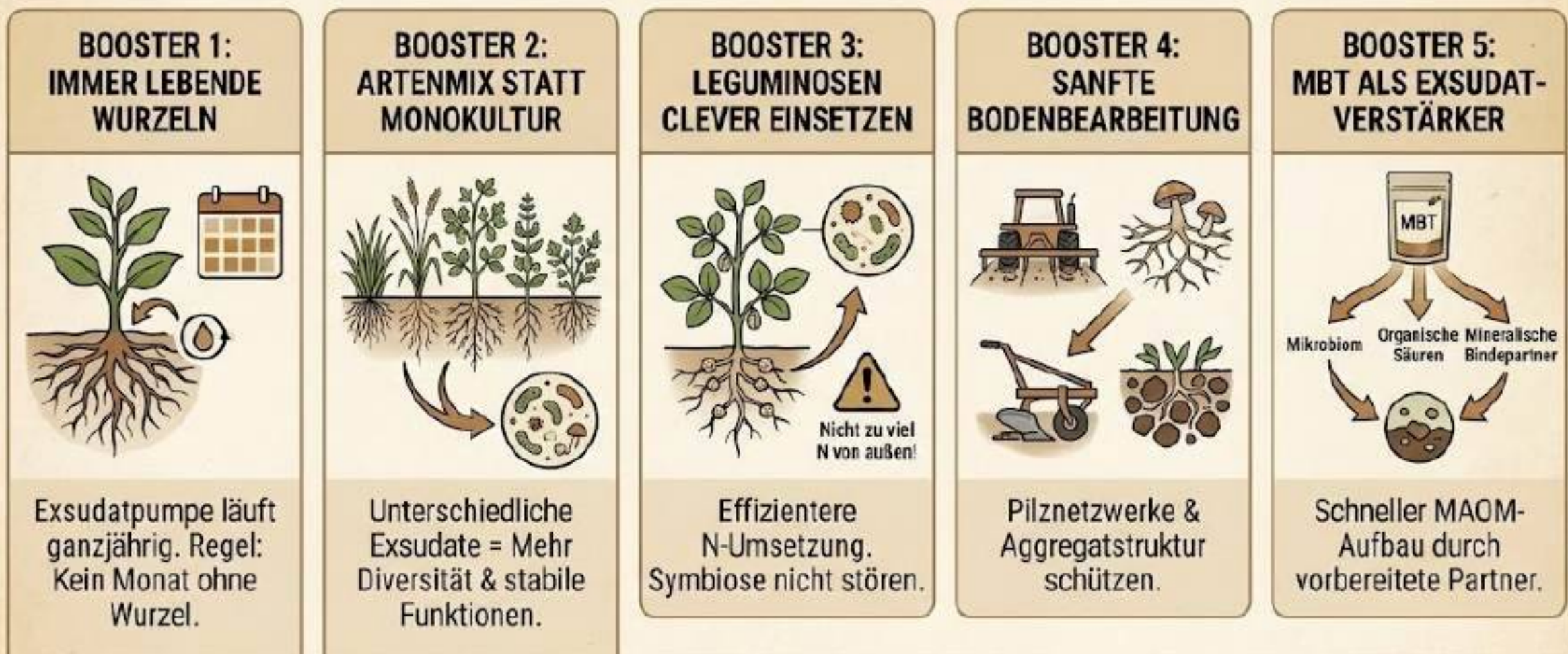
Humusaufbau ist damit nicht „viel Stroh“, sondern:

viel Wurzel + viel Mikrobiom + Mineralbindung

In deinen Unterlagen ist das als klare Praxisregel bereits drin:

Mit der Wurzelmasse baut man deutlich schneller Humus auf als nur mit oberirdischen Inputs.

DIE 5 STÄRKSTEN EXSUDAT-BOOSTER: PRAXIS, SOFORT UMSETZBAR



HUMUSGURU-TIPP: KOMBINIERE DIESE MASSNAHMEN FÜR MAXIMALEN EFFEKT.



Booster 1: Immer lebende Wurzeln

Je länger im Jahr lebende Wurzeln im Boden sind, desto länger läuft die Exsudatpumpe. Das ist die Basis für Zwischenfrüchte, Untersaaten und Dauerbegrünung.

Regel:

Kein Monat ohne Wurzel – wenn du Humus willst.

Booster 2: Artenmix statt Monokultur

Ein Mix aus Gräsern, Leguminosen und Kräutern erzeugt **unterschiedliche Exsudate** → mehr Mikrobiom-Diversität → stabilere Bodenfunktionen.

Booster 3: Leguminosen clever einsetzen

Leguminosen liefern nicht nur N – sie verändern Exsudate so, dass Mikrobiologie und N-Umsetzung effizienter werden. Wichtig ist dabei: nicht „zu viel N“ von außen, sonst wird Symbiose abgebaut.

Booster 4: Sanfte Bodenbearbeitung

Starke Bearbeitung zerstört Pilznetzwerke und Aggregatstruktur – also genau das, was Exsudate eigentlich aufbauen.

Booster 5: MBT als Exsudat-Verstärker MBT liefert:

Damit wird aus „Exsudat“ nicht nur kurzfristige Nahrung, sondern schneller **MAOM-Aufbau**, weil die Bindungspartner und Mikrobendynamik bereits vorbereitet sind.

WORAN DU MERKST, DASS EXSUDATE WIRKEN (OHNE LABOR): DIE FELDDIAGNOSE



Krümelstruktur stabil,
weniger Verschlammung



Boden riecht „pilzig“/frisch
statt „sauer“/muffig



Regen versickert
schneller, weniger Pfützen



Pflanzen kommen leichter
durch Trockenphasen



Mehr Regenwürmer,
mehr Myzel sichtbar



TYPISCHE FEHLER, DIE EXSUDATE „ABSCHALTEN“



Überdüngung mit mineralischem N:
Pflanze muss Mikroben nicht mehr
„bezahlen“ → Exsudation sinkt.



Nackter Boden: Ohne Wurzeln
keine Exsudate. Punkt.



Pestizid-/Fungiziddruck ohne
Biologieausgleich: Kann das
Mikrobiom so stark treffen,
dass Wirkung verpufft.



Verdichtung: Wenn Poren
und Sauerstoff fehlen, kippt
die Rhizosphäre.



Woran du merkst, dass Exsudate wirken (ohne Labor)

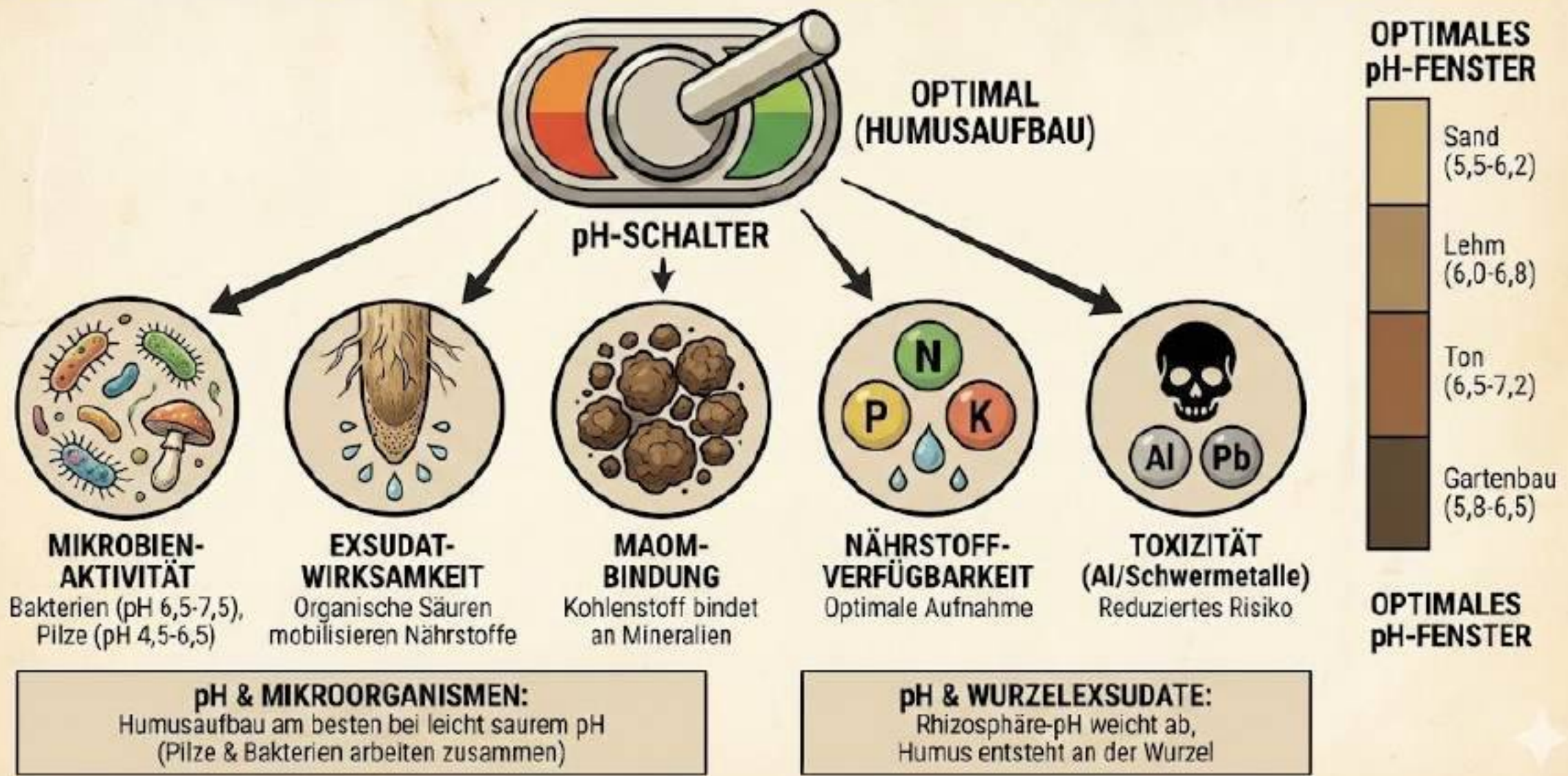
Diese Felddiagnosen sind erstaunlich zuverlässig:

- Krümelstruktur wird stabiler, weniger Verschlammung
- Boden riecht „pilzig“/frisch statt „sauer“/muffig
- Regen versickert schneller, weniger Pfützen
- Pflanzen kommen leichter durch Trockenphasen
- mehr Regenwürmer, mehr Myzel sichtbar (unter Mulch)

Typische Fehler, die Exsudate „abschalten“

1. **Überdüngung mit mineralischem N**
Die Pflanze muss Mikroben dann nicht mehr „bezahlen“ → Exsudation sinkt.
2. **Nackter Boden**
Ohne Wurzeln keine Exsudate. Punkt.
3. **Pestizid-/Fungiziddruck ohne Biologieausgleich**
Kann das Mikrobiom so stark treffen, dass die Exsudat-Wirkung verpufft.
4. **Verdichtung**
Wenn Poren und Sauerstoff fehlen, kippt die Rhizosphäre.

pH-WERT: DER SCHALTER FÜR HUMUS, MIKROBEN UND EXSUDATE



pH-Wert: Der Schalter für Humus, Mikroben und Exsudate

Kurzfassung:

Der pH-Wert entscheidet, ob Humus aufgebaut oder abgebaut wird.

Nicht über Nährstoffmengen.

Nicht über Produktwahl.

Sondern über **biologische Funktion**.

Was der pH-Wert wirklich steuert

Der pH-Wert bestimmt gleichzeitig:

- Aktivität der Mikroorganismen
- Wirksamkeit von Wurzelexsudaten
- Bindung von Kohlenstoff an Mineralien (MAOM)
- Verfügbarkeit von Nährstoffen
- Toxizität von Aluminium & Schwermetallen

👉 **Falscher pH = System blockiert**, egal wie viel organische Substanz du einbringst.

Optimales pH-Fenster für Humusaufbau

Bodentyp	Ziel-pH
Sand	5,5–6,2
Lehm	6,0–6,8
Ton	6,5–7,2
Gartenbau/ Substrate	5,8–6,5

Warum nicht höher?

- Spurenelemente fallen aus
- Mikrobiologie wird einseitig
- Humusbindung wird schwächer

Warum nicht niedriger?

- Aluminium wird toxisch
- Mykorrhiza leidet
- Exsudate verlieren Wirkung

pH-Wert & Mikroorganismen (entscheidend)

- **Bakterien:** optimal pH 6,5–7,5
- **Pilze:** aktiv auch bei pH 4,5–6,5
- **Mykorrhiza:** leicht sauer bis neutral

➔ **Humusaufbau funktioniert am besten bei leicht saurem pH,**
weil **Bakterien und Pilze gleichzeitig** arbeiten.

pH-Wert & Wurzelexsudate

Wurzelexsudate wirken **nur im passenden pH-Bereich.**

- organische Säuren senken lokal den pH
- Phosphor & Spurenelemente werden mobilisiert
- Mikroben werden gezielt aktiviert

Wichtig:

Der Labor-pH ist ein **Durchschnitt.**

Der pH an der Wurzel kann **±1 Einheit** abweichen.

➔ **Humus entsteht in der Rhizosphäre, nicht im Laborwert.**

pH-MANAGEMENT: STABILISIEREN STATT KAPUTTKORRIGIEREN

DER GRÖSSTE FEHLER: FALSCHES KALKEN



KEIN DÜNGER

KEIN HUMUSAUFBAUPRODUKT

EIN pH- UND STRUKTUREGLER



ZU VIEL KALK

BESCHLEUNIGT HUMUSABBAU

SETZT CO₂ FREI

STRESST MIKROBIOLOGIE

HUMUSGURU-KALKREGELN (KURZ & KLAR)

- ✓ Nur moderat
- ✓ Bodentypabhängig
- ✓ Nie ohne Biologie
- ✓ Nie isoliert betrachten
- ✗ Keine Großgaben
- ✗ Kein „auf Vorrat“
- ✗ Kein Kalk + viel mineralischer Stickstoff

WARUM MBT BEIM pH HILFT: KEIN pH-SCHOCK



pH-WERT & DAUERHUMUS (MAOM) & FELDINDIKATOREN



STABILE HUMUSBINDUNG NUR WENN:
- Mineraloberflächen richtig geladen
- Aluminium nicht mobil
- Mikrobielle Nekromasse andockt

pH ZU NIEDRIG (Indikatoren)



pH ZU HOCH (Indikatoren)



DER pH-FAHRPLAN (5 PUNKTE)



DER EINE SATZ, DER ALLES ZUSAMMENFASST:

Der richtige pH-Wert macht aus Kohlenstoff Humus, aus Mikroben Partner und aus Boden ein funktionierendes System.

pH-Management: Stabilisieren statt kaputtkorrigieren

Der größte Fehler: falsches Kalken

Kalk ist:

- ✗ kein Dünger
- ✗ kein Humusaufbauprodukt
- ✓ ein pH- und Strukturregler

Zu viel Kalk:

- beschleunigt Humusabbau
- setzt CO₂ frei
- stresst Mikrobiologie

Humusguru-Kalkregeln (kurz & klar)

- ✓ nur moderat
- ✓ bodentypabhängig
- ✓ nie ohne Biologie
- ✓ nie isoliert betrachten

- ✗ keine Großgaben
- ✗ kein „auf Vorrat“
- ✗ kein Kalk + viel mineralischer Stickstoff

Warum MBT beim pH hilft

MBT wirkt **puffernd**, nicht extrem:

- organische Säuren → kurzfristige pH-Absenkung
- Mineralien → Pufferung
- Mikroben → biologische Rückregulation

➡ **Kein pH-Schock, sondern stabiles Gleichgewicht.**

pH-Wert & Dauerhumus (MAOM)

Stabile Humusbindung funktioniert nur, wenn:

- Mineraloberflächen richtig geladen sind
- Aluminium nicht mobil wird
- mikrobielle Nekromasse andocken kann

➡ **Extreme pH-Werte verhindern MAOM-Bildung.**

Feldindikatoren (ohne Labor)

pH zu niedrig:

- Klee verschwindet
- Wurzeln kurz
- Moos
- kaum Regenwürmer

pH zu hoch:

- Eisenchlorose
- Spurenelementmängel
- mehlig Struktur

Der Boden zeigt es **früher als jede Analyse**.

Der pH-Fahrplan (5 Punkte)

1. pH messen
2. Zielbereich festlegen (nicht maximieren!)
3. Biologie aufbauen (Wurzeln, Exsudate, MBT)
4. Kalk nur unterstützend
5. pH immer zusammen denken mit:
 - Humus
 - Mikroben
 - Wasser
 - Bodenstruktur

Der eine Satz, der alles zusammenfasst

**Der richtige pH-Wert macht aus Kohlenstoff Humus,
aus Mikroben Partner
und aus Boden ein funktionierendes System.**

WARUM VIELE BETRIEBE KEINEN BROTWEIZEN ANBAUEN (KÖNNEN): KAK, SANDBODEN & DIE UNSICHTBARE GRENZE DER BACKFÄHIGKEIT



KAK, Sandboden und die unsichtbare Grenze der Backfähigkeit

Das Missverständnis: „Wir düngen doch genug“

Viele Landwirte stehen vor dem gleichen Problem:

- Weizen wächst gut
- Ertrag passt
- Aber: **Protein zu niedrig, Fallzahl schwankt, Backqualität reicht nicht**
- Der Weizen geht als **Futterweizen** raus – trotz guter Bestände

Und dann hört man oft:

„Unser Boden gibt einfach keinen Brotweizen her.“

Das ist **nicht ganz falsch** – aber auch **nicht die ganze Wahrheit**.

Der entscheidende Denkfehler

Die meisten denken bei Brotweizen an:

- Stickstoffmenge
- Spätdüngung
- Sortenwahl

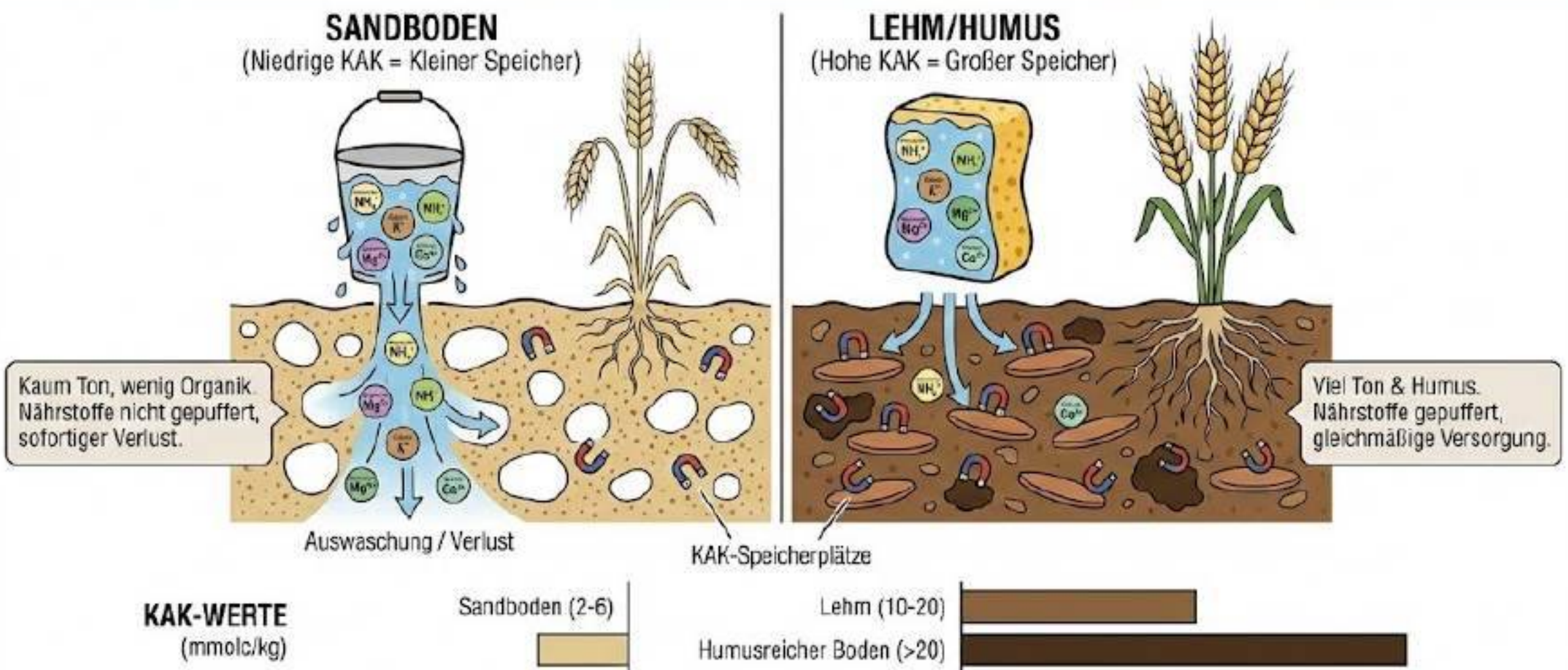
Was fast niemand betrachtet:

👉 **die Speicherfähigkeit des Bodens**

Und genau hier kommt ein Begriff ins Spiel, den viele zwar kennen, aber kaum jemand wirklich versteht:

KAK – Kationenaustauschkapazität

DIE KAK: WARUM SANDBÖDEN WEIZEN NICHT „HALTEN“ KÖNNEN



FAZIT: NICHT DER DÜNGER FEHLT – DER SPEICHER FEHLT. Für stabilen Brotweizen braucht es KAK.

Die KAK: Warum Sandböden Weizen nicht „halten“ können

Was die KAK wirklich bedeutet

Die **Kationenaustauschkapazität (KAK)** beschreibt, wie gut ein Boden **Nährstoffe festhalten und zeitlich passend wieder abgeben** kann.

Gespeichert werden dabei vor allem:

- Ammonium (Stickstoff!)
- Kalium
- Magnesium
- Calcium
- Spurenelemente

Merksatz:

Die KAK ist der Nährstoffspeicher des Bodens.

Das Kernproblem sandiger Böden

Sandböden haben:

- kaum Ton

- wenig organische Substanz
- **sehr niedrige KAK**

Typische KAK-Werte:

- **Sandboden:** 2–6
- **Lehm:** 10–20
- **Humusreicher Boden:** >20

Was heißt das praktisch?

- 👉 Der Boden kann Nährstoffe **nicht puffern**
- 👉 Alles, was kommt, muss **sofort aufgenommen werden**
- 👉 Was nicht passt, **wäscht aus oder geht verloren**

Warum das für Brotweizen entscheidend ist

Backfähiger Weizen braucht:

- Stickstoff **über einen langen Zeitraum**
- gleichmäßige Versorgung bis in die Kornfüllung
- keine Stressphasen

Auf Böden mit niedriger KAK passiert aber Folgendes:

- frühe N-Gaben wirken kurz
- späte N-Gaben kommen ungleichmäßig an
- Trockenheit verschärft das Problem
- Proteinbildung wird unzuverlässig

👉 **Nicht der Dünger fehlt – der Speicher fehlt.**

Deshalb bauen viele Betriebe auf Sand:

- ertraglich guten Weizen
- aber **keinen stabilen Brotweizen**

DER WEG VOM SANDBODEN ZUM BROTWEIZEN: HUMUS ALS SCHLÜSSEL ZUR KAK



Der Weg vom Sandboden zum Brotweizen

Warum Humus der Schlüssel ist

Man kann Sand **nicht in Lehm** verwandeln.

Aber man kann die **wirksame KAK massiv erhöhen** – durch **Humus**.

Wichtig zu verstehen:

- Humus hat eine **deutlich höhere KAK als Ton**
- Humus reagiert schneller
- Humus speichert Nährstoffe **pflanzennah**

Faustregel:

+1 % Humus = massiv mehr Nährstoffpuffer

Das ist der Grund, warum:

- humusreiche Sandböden deutlich stabiler sind
- Proteinwerte weniger schwanken
- Brotweizen überhaupt möglich wird

Die Rolle von Wurzeln & Exsudaten

Humus entsteht nicht nur durch Material von oben, sondern vor allem durch **aktive Wurzeln**.

Wurzelexsudate:

- aktivieren Austauschplätze
- halten Stickstoff pflanzennah
- stabilisieren die KAK direkt an der Wurzel

👉 **Die KAK wirkt dort, wo Wurzeln sind.**

Deshalb sind entscheidend:

- Zwischenfrüchte
- Untersaaten
- lange Begrünungsphasen

pH-Wert: der oft übersehene Bremsklotz

Auf Sandböden ist der pH-Wert extrem wichtig.

Optimal:

- **pH 5,8–6,2**

Zu viel Kalk:

- blockiert Austauschplätze
- verschlechtert Spurenelemente
- senkt die wirksame KAK

👉 **Ein überkalkter Sandboden kann trotz Dünger keinen Brotweizen liefern.**

MBT & organische Systeme als Verstärker

Fermentativ aufbereitete organische Substanz (z. B. MBT):

- liefert stabilen Humus
- bringt Mikrobiologie
- aktiviert Austauschflächen
- puffert Nährstoffe

Das Ergebnis:

- Stickstoff kommt gleichmäßiger an

- Proteinbildung wird stabiler
- weniger Stress für die Pflanze



Die ehrliche Schlussfolgerung

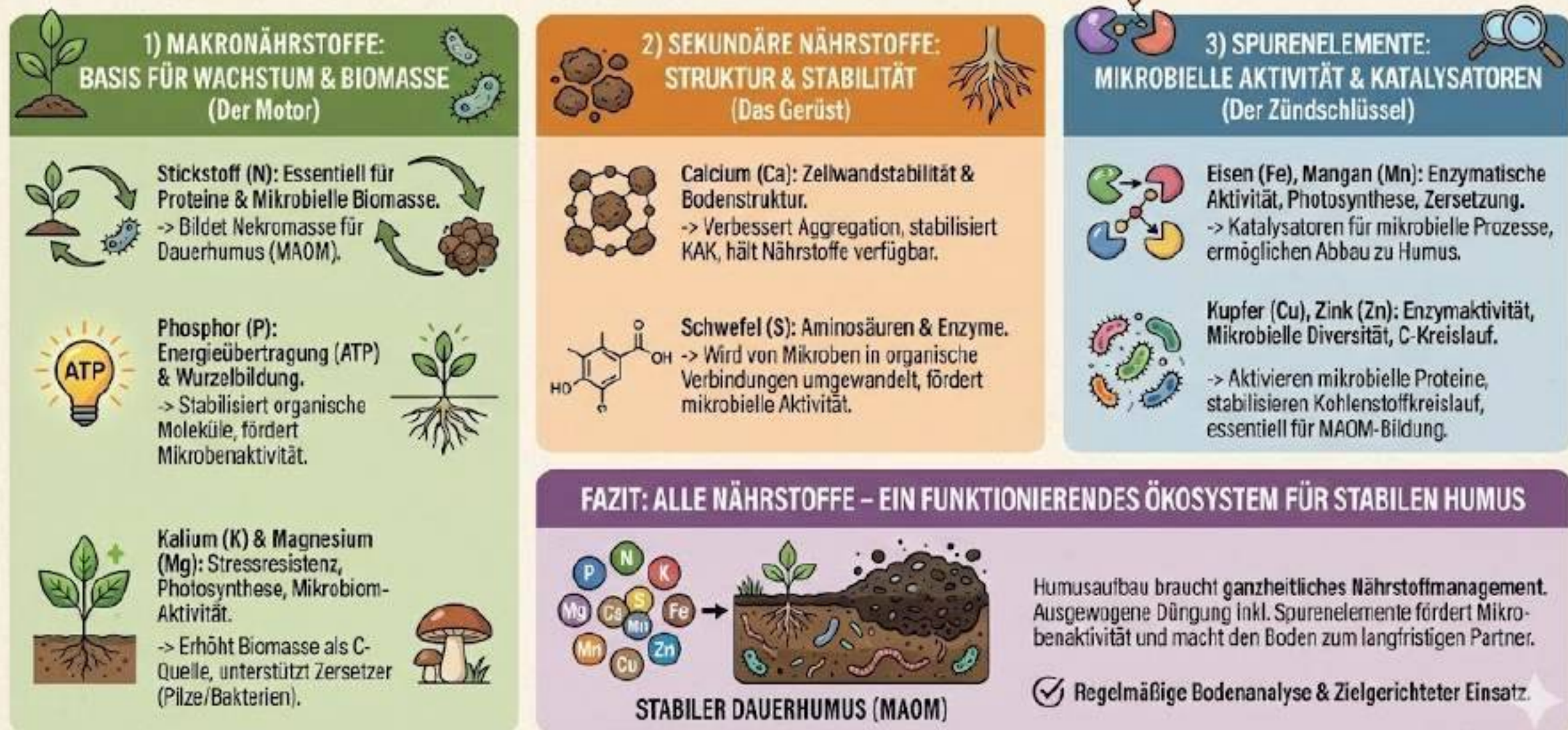
Viele Betriebe bauen keinen Brotweizen an,
nicht weil sie schlecht wirtschaften,
 sondern weil:

- der Boden keine Nährstoffe halten kann
- die KAK zu niedrig ist
- Humus fehlt
- pH und Biologie nicht zusammenspielen

Der entscheidende Satz für die Praxis

**Brotweizen wächst nicht aus der Düngertüte.
 Brotweizen wächst aus Speicherfähigkeit.**

WELCHE NÄHRSTOFFE SIND FÖRDERLICH FÜR DEN HUMUSAUFBAU? – EIN GANZHEITLICHES SYSTEM



Welche Nährstoffe sind förderlich für den Humusaufbau?

1) Makronährstoffe: Die Basis für Wachstum und Humusbildung

Stickstoff (N)

- **Funktion:** Stickstoff ist essentiell für die Bildung von Aminosäuren und Proteinen, die für das Pflanzenwachstum unerlässlich sind.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Stickstoff wird durch Mikroben im Boden verarbeitet und trägt zur Bildung von mikrobieller Biomasse bei. Dieser Prozess trägt direkt zur Humusbildung bei, da abgestorbene Mikroben (Nekromasse) an Mineralien binden und so **Dauerhumus (MAOM)** bilden.

Phosphor (P)

- **Funktion:** Phosphor ist für die **Energieübertragung** in der Pflanze (ATP) und für die **Wurzelbildung** wichtig.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Phosphor spielt eine Schlüsselrolle bei der **Stabilisierung von organischen Molekülen** im Boden. Durch die Mobilisierung von Phosphor verbessern Pflanzen die Mikrobenaktivität im Boden, was zu einer besseren **Bindung von Kohlenstoff** und damit zu einem höheren Humusgehalt führt.

Kalium (K)

- **Funktion:** Kalium stärkt die **Widerstandsfähigkeit** der Pflanzen gegen Stress (z. B. Dürre, Krankheiten) und fördert die **Nährstoffaufnahme**.

- **Förderung des Humusaufbaus:** Kalium hat eine **direkte Wirkung auf die Pflanzenphysiologie**, die das Pflanzenwachstum unterstützt. Ein gesundes Pflanzenwachstum führt zu einer **höheren Biomasseproduktion**, die als Kohlenstoffquelle für Mikroben dient und somit den Humusaufbau unterstützt.

Magnesium (Mg)

- **Funktion:** Magnesium ist ein Bestandteil des **Chlorophylls** und fördert die Photosynthese.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Magnesium unterstützt die Aktivität von **Mykorrhizapilzen** und **Bakterien**, die zur **Zersetzung von organischem Material** und damit zur Bildung von Humus beitragen.

2) Sekundäre Nährstoffe: Das Zusammenspiel von Makronährstoffen

Calcium (Ca)

- **Funktion:** Calcium ist für die **Zellwandstabilität** und die **Wasserregulation** wichtig.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Calcium verbessert die **Bodenstruktur**, fördert die **Aggregation von Bodenpartikeln** und stabilisiert die **Kationenaustauschkapazität (KAK)**, wodurch Nährstoffe besser verfügbar bleiben.

Schwefel (S)

- **Funktion:** Schwefel ist ein Bestandteil von **Aminosäuren und Enzymen**.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Schwefel wird durch Mikroben in **organische Verbindungen** umgewandelt, die zum Humusaufbau beitragen. Ein ausreichender Schwefelgehalt fördert die **mikrobielle Aktivität** und verbessert die **Pflanzenresistenz**.

Spurenelemente: Die unterschätzte Schlüsselrolle für Humus und Pflanzengesundheit

Spurenelemente sind **nicht weniger wichtig** als Makronährstoffe. Sie sind in viel geringeren Mengen erforderlich, aber sie sind **entscheidend für eine funktionierende Biologie** und damit für den **Humusaufbau**.

Eisen (Fe)

- **Funktion:** Eisen ist ein Bestandteil des **Chlorophylls** und fördert die **Photosynthese**.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Eisen ist auch ein Katalysator in mikrobiellen Prozessen und fördert die **Zersetzung von organischem Material**. Ein Eisenmangel kann die Aktivität von Mikroben und damit den Humusaufbau stark hemmen.

Mangan (Mn)

- **Funktion:** Mangan ist ein Bestandteil von **Enzymen**, die an der **Kohlenstoffverwertung** beteiligt sind.

- **Förderung des Humusaufbaus:** Mangan aktiviert **mikrobielle Enzyme**, die bei der **Umsetzung von organischen Verbindungen** zu stabilen Humusstoffen (MAOM) helfen.

Kupfer (Cu)

- **Funktion:** Kupfer spielt eine Schlüsselrolle in der **Enzymaktivität** und in der **Atmung von Mikroben**.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Kupfer ist an der **Zersetzung von organischem Material** beteiligt und unterstützt die Bildung von **stabilem Humus**. Ein Mangel kann zu einer **geringeren mikrobiellen Aktivität** führen.

Zink (Zn)

- **Funktion:** Zink ist ein Bestandteil von **vielen Enzymen** und beeinflusst die **Wachstumsregulation** der Pflanzen.
- **Förderung des Humusaufbaus:** Zink unterstützt die **mikrobielle Diversität** im Boden, was zu einer besseren **Umsetzung von organischen Stoffen** und damit zu einer stabileren Humusbildung führt.

Wie Spurenelemente den Humusaufbau fördern

Spurenelemente sind für den Humusaufbau genauso wichtig wie Makronährstoffe, weil sie **Mikroorganismen im Boden** aktivieren. **Mikroben sind die wahren Humusbildner**, und ohne ausreichende Spurenelemente können sie nicht effektiv arbeiten.

- **Eisen, Mangan und Kupfer** sind essentiell für die enzymatische Aktivität, die den Abbau von organischem Material ermöglicht.
- **Zink und Kupfer** aktivieren **mikrobielle Proteine**, die den **Kohlenstoffkreislauf** stabilisieren und so Humus aufbauen.

Ein Boden ohne ausreichend **Spurenelemente** hat nicht die **biologische Aktivität**, die notwendig ist, um **Dauerhumus (MAOM)** zu bilden. **MAOM ist der langfristige Kohlenstoffspeicher**, der den Boden gesund hält und den Humus stabilisiert.

Alle Nährstoffe – für den Boden und die Pflanzen

- **Makronährstoffe** wie Stickstoff, Phosphor und Kalium sind der **Motor** für Pflanzenwachstum und Nährstoffaufbau.
- **Sekundäre Nährstoffe** wie Calcium, Magnesium und Schwefel sind wichtig für **Struktur, Gesundheit und Stabilität**.
- **Spurenelemente** sind der **Feinschliff**, der die **mikrobielle Aktivität und den Humusaufbau** steuert.

Der Boden braucht alle **Nährstoffe und Spurenelemente** in einem funktionierenden **Ökosystem**, um **Humus aufzubauen** und **Nährstoffe** effizient zu speichern.

Zusammengefasst:

Humusaufbau funktioniert nur mit einem ganzheitlichen Nährstoffmanagement – von Makro- bis Spurenelementen. Sie sind alle miteinander verbunden und tragen gemeinsam zum gesunden, stabilen Boden und einem ertragreichen, qualitativ hochwertigen Anbau bei.

Praktische Umsetzung:

- **Regelmäßige Bodenanalysen** für Makro- und Mikronährstoffe
- **Ausgewogene Düngestrategien**, die auch Spurenelemente einbeziehen
- **Humusaufbau** als Grundlage für die **Nährstoffspeicherung und –mobilisierung**
- **Zielgerichteter Einsatz von Mikronährstoffen**, um **Mikrobenaktivität** zu fördern

So wird der Boden nicht nur **Nährstofflieferant**, sondern ein **langfristiger Partner** im Humusaufbau.

$$1 \text{ (Einzelteil)} + 1 \text{ (Einzelteil)} = >2 \text{ (Systemleistung)}$$

DAS BODEN-SYNERGIE-PRINZIP: WARUM 1 + 1 > 2 IST



WICHTIGE NÄHRSTOFF-PARTNERSCHAFTEN

SOLO (Ineffizient & Stress)	SYNERGIE-TEAM (Effizient & Leistung)
N allein: Auswaschung, Proteinmangel	N + S: Stabiler Proteinbau
P allein: Fixiert, Lagerproblem	P + Mikrobiologie/Wurzeln: Verfügbar gemacht
K auf Sand: Verlust	K + Humus (KAK): Gespeichert & Abrufbar
Mangel (Mg/Spuren): Prozessblockade	Katalysatoren: System läuft rund

DER pH-WERT: DER ÜBERGEORDNETE SYSTEMSCHALTER



Wo entstehen Synergien im Boden?

Warum 1 + 1 oft mehr als 2 ist

Die wichtigste Synergie überhaupt: Humus × Biologie × Nährstoffe

Grundregel

Ohne Humus keine Speicherung.
Ohne Biologie keine Freisetzung.
Ohne Nährstoffe keine Leistung.

Humus liefert:

- Speicherplätze (KAK)
- Puffer gegen Auswaschung
- Struktur

Biologie liefert:

- Umsetzung
- Mobilisierung
- Timing

Nährstoffe liefern:

- Baumaterial
- Energie
- Qualität

👉 Erst das Zusammenspiel macht Ertrag UND Qualität möglich.

Stickstoff (N) wirkt nur mit seinen Partnern

✗ Allein:

- schwankende Proteine
- Auswaschung
- Stressreaktionen

✓ Synergien:

N × Schwefel (S)

- Schwefel ist nötig für **Proteinbildung**
- Ohne S → N kann nicht vollständig eingebaut werden
👉 Klassiker bei Brotweizen: N da, Protein fehlt

N × Magnesium (Mg)

- Mg treibt Photosynthese
- mehr Assimilate → mehr Exsudate → bessere N-Nutzung

N × Mikrobiologie

- Mikroben puffern N als NH_4^+
- zeitlich passend statt schlagartig

Merksatz:

Stickstoff ohne Partner ist teuer –
Stickstoff mit Synergien ist effizient.

Phosphor (P) entfaltet Wirkung nur biologisch

Allein:

- Fixierung im Boden
- geringe Verfügbarkeit
- teurer Input ohne Effekt

Synergien:

P × Wurzelexsudate

- organische Säuren lösen P
- besonders wichtig auf Sand & bei hohem pH

P × Mykorrhiza

- Mykorrhiza erweitert den Wurzelraum massiv
- P wird pflanzenverfügbar statt blockiert

 **Ohne Biologie ist P ein Lagerproblem, kein Nährstoff.**

Kalium (K) braucht KAK und Magnesium

Allein auf Sand:

- Auswaschung
- kurzfristige Wirkung
- Stress bei Trockenheit

Synergien:

K × Humus (KAK)

- Humus hält K^+ pflanzennah
- gleichmäßige Versorgung

K × Magnesium (Mg)

- richtiges Verhältnis nötig

- zu viel K blockiert Mg → Photosynthese leidet

👉 **Kalium wirkt nur, wenn es gespeichert UND balanciert ist.**

Calcium (Ca) ist Struktur – aber nur mit Maß

✗ Allein (Überkalkung):

- Spurenelemente blockiert
- KAK sinkt funktional
- Biologie gestresst

✓ Synergien:

Ca × Humus

- stabile Aggregate
- bessere Durchwurzelung
- Wasser- und Luftführung

Ca × pH-Fenster

- Ca wirkt nur im richtigen pH
- zu viel Ca = schlechtere Nährstoffaufnahme

Magnesium (Mg): der stille Leistungsträger

Synergien:

Mg × Stickstoff

- Mg = Chlorophyll
- ohne Mg keine effiziente N-Nutzung

Mg × Spurenelemente

- Mg stabilisiert Enzymfunktionen
- fördert Mikrobenleistung

👉 **Viele „N-Probleme“ sind in Wahrheit Mg-Probleme.**

Spurenelemente wirken **NIE** allein

Spurenelemente sind **Katalysatoren**.
Sie wirken **nur in Netzwerken**.

Zentrale Synergien:

Eisen (Fe) × Mangan (Mn)

- Redoxprozesse im Boden
- Aktivierung mikrobieller Enzyme

Zink (Zn) × Stickstoff

- Protein- und Hormonbildung
- wichtig für Kornqualität

Kupfer (Cu) × Mikrobiologie

- Ligninabbau
- stabile Humusfraktionen

👉 **Spurenelementmangel blockiert ganze Prozesse**, auch wenn Makronährstoffe vorhanden sind.

pH-Wert: die übergeordnete Synergie

Der pH-Wert entscheidet, **ob Synergien überhaupt stattfinden können**.

- falscher pH → Blockaden
- richtiger pH → Wechselwirkungen aktiv

Optimal:

- Sand: **5,8–6,2**
- Lehm: **6,2–6,8**

👉 **pH ist kein Nährstoff, sondern der Systemschalter.**

Die stärkste Synergie in der Praxis

Humus × Wurzeln × Mikroorganismen × ausgewogene Nährstoffe

Das führt zu:

- höherer KAK
- besserer Nährstoffspeicherung
- stabiler Proteinbildung
- weniger Düngerbedarf
- mehr Ertragssicherheit

Der eine Satz für die Praxis

**Nicht der einzelne Nährstoff entscheidet,
sondern die Fähigkeit des Bodens, sie zusammenwirken zu lassen.**

Schlusswort – Der Boden entscheidet

Viele Diskussionen in der Landwirtschaft drehen sich um Sorten, Dünger, Preise und Auflagen.
Doch die Wahrheit liegt tiefer.

Ob ein Betrieb Brotweizen anbauen kann oder nicht, entscheidet sich nicht im Silo, nicht im
Düngerstreuer und nicht auf dem Papier.
Es entscheidet sich im Boden.

Ein Boden, der Nährstoffe nicht halten kann, wird sie auch nicht zuverlässig liefern.
Ein Boden ohne Humus hat keinen Puffer.
Ein Boden ohne Biologie hat kein Gedächtnis.

Deshalb scheitert Brotweizen auf vielen Standorten nicht an der Anstrengung der Landwirte,
sondern an einer jahrzehntelangen Vernachlässigung der Bodenfunktion.

Die gute Nachricht ist: Böden sind keine toten Substrate.
Sie lassen sich reparieren – wenn wir verstehen, wie sie funktionieren.

Humus, Wurzeln, Mikroorganismen, pH-Wert und KAK sind keine Theorietemen.
Sie sind die Grundlage für Ertrag, Qualität und Zukunftsfähigkeit.

Wer den Boden wieder als System begreift, kann auch auf schwierigen Standorten neue Wege gehen
– nicht über mehr Input, sondern über mehr Wirkung.

**Der Boden entscheidet nicht nur, was wächst.
Er entscheidet, was möglich ist.**

Und genau dort beginnt echte Landwirtschaft.

Copyright

© 2025 Humusguru® & tgo AG (The Good Ones Aktiengesellschaft)

Alle Rechte vorbehalten.

Dieser Leitfaden, einschließlich aller Texte, Grafiken, Konzepte, Methoden und Darstellungen, ist urheberrechtlich geschützt. Die Inhalte spiegeln das geistige Eigentum von **Humusguru®** sowie der **tgo AG** wider.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes – insbesondere Vervielfältigung, Verbreitung, Bearbeitung, Übersetzung, Speicherung oder Weitergabe an Dritte – ist ohne vorherige **schriftliche Zustimmung** von Humusguru® und der tgo AG unzulässig.

Die beschriebenen Verfahren, Konzepte und Ansätze – insbesondere im Bereich Humusaufbau, Mikroorganismen, Mikro-Bio-Turbation, Bodenbiologie, KAK-Management und Kohlenstoffspeicherung – sind Bestandteil proprietärer Entwicklungsarbeit und dürfen **nicht ohne Genehmigung** kommerziell genutzt oder als eigene Leistung dargestellt werden.

Humusguru® und **tgo AG** behalten sich ausdrücklich alle Rechte an Inhalt, Struktur, Methodik und Weiterentwicklung vor.

