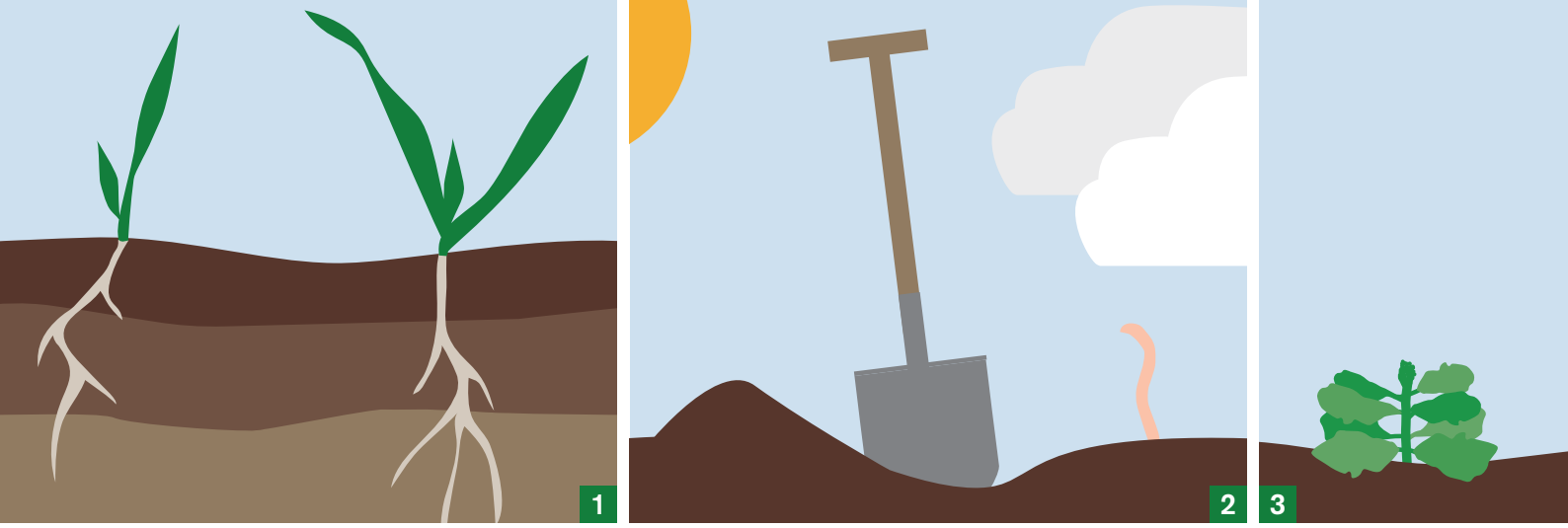


△ **Die Logos der Serie Fachwissen Pflanzenbau:** 1) Boden; 2) Eingriffe in den Boden; 3) Pflanzenphysiologie; 4) Fruchtfolge, Zwischenfrüchte, Kulturen; 5) Pflanzenschutz und Wachstumsregler

Neue Serie: Fachwissen Pflanzenbau

Mit dem Wissen über pflanzenbauliche Zusammenhänge können Sie die künftigen Herausforderungen besser meistern. Unsere neue Serie begleitet Sie dabei.

Wissen Sie noch alles über Bodenkunde und die chemischen Vorgänge im Boden oder in den Pflanzen? Wie steht es um die Pflanzenphysiologie? Und sind Sie ständig auf dem Laufenden hinsichtlich neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse?

Im alltäglichen Wirtschaften geht dieses „Detailwissen“ schon mal verloren. Während man sich z.B. oft über technische Finessen der Bodenbearbeitung austauscht, sind viele physikalische oder chemische Vorgänge in Boden und Pflanze eher unbekannt.

MEHR HERAUSFORDERUNGEN

Doch dieses Fachwissen wird immer wichtiger. Denn der Pflanzenbau steht vor einer der größten Herausforderungen der letzten Jahrzehnte. Altbekannte Ackerbausysteme und Fruchtfolgen sind immer mühsamer wirtschaftlich zu halten. Es gilt, den Anbau an immer schwierigere Bedingungen anzupassen. Die Gründe dafür sind vielfältig:

- Die Ansprüche vonseiten der Politik, des Naturschutzes oder der Verbraucher an die Landwirtschaft werden größer.
- Die rechtlichen Vorgaben nehmen verstärkt zu (novellierte Düngeverordnung, Greening, Abstandsauflagen, Dokumentation etc.).
- Pflanzenschutzwirkstoffe schwinden und die Mittel sind in der Nutzung stärker eingeschränkt. Das wirkt sich nicht nur auf Schädlinge oder Unkräuter aus. Auch bisher selten gesichtete durch Saatgut übertragene Krankheiten profitieren davon – z.B. waren dieses Jahr vermehrt mit Flugbrand befallene Gerstenähren zu finden.
- Dies alles wird durch die Klimaveränderung begünstigt. Die steigenden Temperaturen fördern Schädlinge sowie Krankheiten und führen vermehrt zu Hitzestress oder Frostschäden. Lange Nässephasen sind künftig ebenso wahrscheinlich wie starke Dürren.

NEUE SYSTEME SIND GEFRAGT

Für neue Fruchtfolgen oder ein neues Anbaumanagement gibt es jedoch kein Patentrezept. Jeder Landwirt muss für seinen Betrieb und seinen Boden die richtige Strategie finden. Dabei helfen das Wissen über den Standort und die bodenkundlichen Gegebenheiten enorm. Dies kann die Probleme auf dem Acker lösen und Ursachen beseitigen.

Ein Vorteil der Landwirtschaft ist: Sie kann sich anpassen. Das hat sie schon immer getan. Und wo es negative Seiten gibt, kann man auch immer etwas Positives finden: Von den höheren Temperaturen profitieren z.B. Mais und Leguminosen wie Ackerbohnen und Erbsen, aber auch Sonnenblumen oder Öllein.

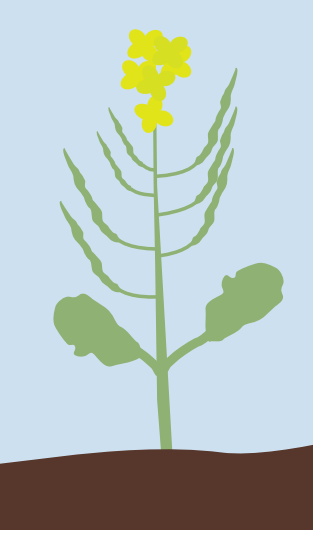
BESSER ACKERN DURCH MEHR FACHWISSEN

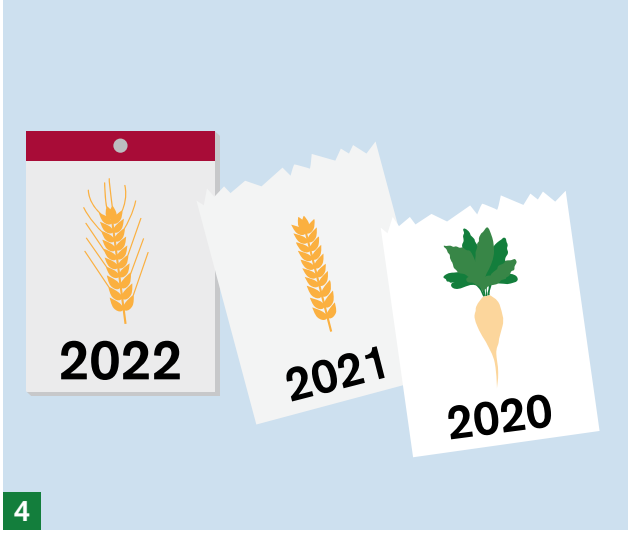
Damit Sie mit den Herausforderungen nicht alleine sind, begleiten wir Sie ab dieser Ausgabe ca. zwei Jahre lang mit unserer neuen Serie „Fachwissen Pflanzenbau“. Hier kommen Pflanzenbauexperten aus ganz Deutschland zu Wort. Sie rufen zeitloses Fachwissen in Erinnerung und stellen Zusammenhänge im Pflanzenbau kurz und knackig (wieder) her – für Betriebsleiter, Mitarbeiter, Studenten, Schüler und jeden, der wissen will, wie es wächst.

Fünf große Themenblöcke mit den entsprechenden Beiträgen frischen Wissen auf und geben Input, um den Pflanzenbau weiter zu optimieren. Das erwartet Sie in der Serie:

1. Thema „Boden“: Es geht um Bodenbildung und -physik, Bodenbiologie, das Zusammenspiel von Physik und Chemie, die Nährstoffzusammenhänge sowie die Interaktion zwischen Boden und Wurzel.

2. Thema „Eingriffe in den Boden“: Definieren Sie Ihre Ziele der Bodenbearbeitung, um den Boden optimal als





4

5

Wasser- und Nährstoffspeicher sowie als Wurzelraum zu nutzen. Rufen Sie sich in Erinnerung, wie natürliche Prozesse wie die Sommer- und die Wintergare wirken. Die Autoren geben Empfehlungen zur aktiven Bearbeitung unter verschiedenen Bedingungen und beachten dabei auch Sonderfälle wie Strukturschäden. Dazu erstellen die Autoren einen Entscheidungsbaum.

3. Thema „Pflanzenphysiologie“: Die Autoren gehen auf Phytohormone und die hormonelle Regulation in den Pflanzen ein. Zudem erklären sie die Morphologie und Ertragsstruktur von Getreide, Raps und Mais.

4. Thema „Fruchtfolge, Zwischenfrüchte, Kulturen“: Hier werden die Grundlagen der Fruchtfolge erklärt, wie Vorfrüchte wirken, welche phytopathologischen Effekte auftreten können oder wie Unkräuter zu managen sind. Für die Umsetzung von Fruchtfolgen werden Entscheidungsbäume erstellt. Dabei berücksichtigen die Autoren auch Spezialprobleme wie z.B. Ackerfuchsschwanz.

5. Thema „Pflanzenschutz und Wachstumsregler“: Dieses Thema beantwortet u.a. die Fragen, wo und wann welche Probleme auftreten und wie Sie diese angehen können. Weiterhin geht es um den integrierten Pflanzenschutz, Schadschwellen, die physikalischen Eigenschaften von Pflanzenschutzmitteln sowie um die Wirkungsweise und die verschiedenen Resistenzen.

Wir starten auf den folgenden Seiten mit dem Thema Boden und dem ersten Beitrag über Bodenbildung und -physik. Viel Spaß beim Lesen!

@ *friederike.mund@topagrar.com*

SCHNELL GELESEN

Die Herausforderungen im Pflanzenbau nehmen weiter stark zu – es gilt, den Ackerbau anzupassen.

Mit „Fachwissen Pflanzenbau“ startet top agrar eine neue Serie. Daran sind Pflanzenbauexperten aus ganz Deutschland beteiligt.

Über zwei Jahre läuft die neue Serie mit mehreren Beiträgen zu fünf großen Themenkomplexen.

Wir züchten
BODENSCHÄTZE!
SECOBRA-Sorten – Getreideanbau neu gedacht.

SECOBRA Saatzucht
FÜR GESUNDE ERTRÄGE!

Folge uns auf

Erfahren Sie mehr auf www.secobra.de oder persönlich:

Norddeutschland
Stefan Schönborn
Mobil: +49 (0)151 2508 2234

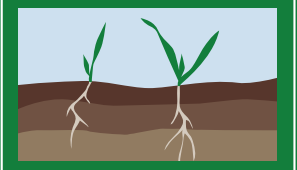
Westdeutschland
Patrick Eberz
Mobil: +49 (0)162 4398 852

Ostdeutschland
Janosch Rüde
Mobil: +49 (0)151 2839 8331

Süddeutschland
Martin Salvasohn
Mobil: +49 (0)151 4079 6710

Foto: agrarfoto.com

top agrar-Serie
FACHWISSEN PFLANZENBAU



▶ **Der Boden**
• Bodenbildung

Der Boden als Basis

Die physikalischen Eigenschaften der Böden bestimmen deren Ertragsfähigkeit. Maßgeblich wirken darauf das Ausgangsgestein und die Zusammensetzung. Kennen Sie Ihre Böden?

UNSER AUTOR
Hansgeorg Schönberger,
N.U. Agrar GmbH

Unsere Böden sind wahre Alleskönner: Sie bilden Standort und Lebensraum für Pflanzen und Tiere, speichern Wasser und Nährstoffe und gleichen Temperaturschwankungen aus. Zudem filtern sie Fremdstoffe, können diese neutralisieren oder binden. Somit verhindern sie deren Eintrag ins Grund- und Trinkwasser sowie die Aufnahme von Schadstoffen durch die Pflanzen und damit die Anreicherung in der Nahrungskette. Der Humus im Boden speichert u.a. CO_2.

Diese vielfältigen Funktionen bewältigt der Boden aufgrund des Zusammenwirkens seiner komplexen biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften, die im Verlauf der Bodenbildung entstanden sind. Die Böden in Mitteleuropa bildeten sich zum Großteil nach der letzten Eiszeit und sind kaum älter als 20 000 Jahre. Die jüngsten Böden entstanden durch die Eindeichung von Marschen.

@ *friederike.mund@topagrar.com*

SCHNELL GELESEN

Das Ausgangsgestein wirkt auf die Bodenart, den pH-Wert sowie die Nährstoffzusammensetzung und bestimmt damit die Bodenform und den Bodentyp.

Ton, Schluff und Sand sind in den Böden in unterschiedlichen Anteilen enthalten. Diese bestimmen die Bodenart und damit den optimalen Humusgehalt.

Das Porenvolumen gibt Auskunft über die Wasserspeicherung und den Lufthaushalt der Böden.

AUSGANGSMATERIAL

Vom Gestein zum Boden

Foto: ©landpixel.de

Über die Korngröße der Bodenpartikel und damit über die Bodenart entscheiden Ausgangsgestein, Verwitterung, Zerkleinerung und Transport. Beim Ausgangsgestein unterscheiden wir zwischen dem silikatischen Tiefengestein des Magmas aus dem Erdinneren und dem carbonatischen Sedimentgestein, das aus Ablagerungen von Kleinstlebewesen bis hin zu Korallen und Muscheln entstanden ist. Das Ausgangsgestein wirkt sich auf den pH-Wert und die Nährstoffzusammensetzung aus. Aus Silikat-Gestein entstanden meist saure Böden mit niedrigem pH-Wert, während Carbonatböden hohe pH-Werte ausweisen.

Durch Verwitterung entstehen aus Felsen Steine und immer feineres Material bis hin zur Feinerde. Davon verbleibt aber nur ein geringer Teil am Ort der Verwitterung. Das verwitterte Material wird verlagert: Die Schwerkraft (Felsen), Eis, Wasser und Wind transportieren die gelockerten Gesteinsmassen. Je nach Stärke befördert die einwirkende Kraft gröbere bis feinste Bestandteile unterschiedlich weit. Felsen fallen durch die Schwerkraft herab, Eis kann große Steine bis hin zu Hinkelsteinen fortbewegen, schnell reißendes Flusswasser Kieselsteine und Sand. Langsame Strömungen wie die Meeresdünung lagern Schluff und toniges Material ab. Wind kann Sand zu Dünen aufhäufen, Stürme verbreiten Staub und Löss über hunderte Kilometer. Am Ende werden verwitterte Gesteinsmaterialien als eiszeitliche (glaziale), marine (Marschen) oder fluviatile (Flussauen) und äolische (Löss, Staublehm) Sedimente abgelagert. Aus den Sedimenten können sich Böden bilden (Übersicht 1).

BODENART – EIN WICHTIGES MERKMAL

Die verschieden großen Sedimente machen die Böden aus. Mineralbestandteile über 2 mm Durchmesser bezeichnet man als Grobboden oder Bodenskelett, die Bestandteile unter 2 mm als Feinerde. Während Sandkörner (über 63 µm bis 2 mm Durchmesser) noch mit bloßem Auge zu erkennen sind, ist für die Unterscheidung von Schluffpartikeln (Durchmesser über 2 bis 63 µm) eine Lupe angebracht. Um Tonteilchen (unter 2 µm) zu unterscheiden, benötigt man ein Mikroskop. Die Bodenart ergibt sich aus dem Anteil der drei Fraktionen Ton, Sand und Schluff, wie Übersicht 2 zeigt. Die Zusammensetzung der Korngrößen beeinflusst die wichtigsten Funktionen und Vorgänge im Boden wie Wasserspeicherung und -führung, Verlagerung von Nährstoffen, Dichtlagerung, Verschlämmungs- und Erosionsneigung, aber auch zusammen mit pH-Wert und Kalziumsättigung die Verlagerung von Tonpartikeln (Lessivierung) innerhalb des Bodens.

Reine Sandböden sind für die landwirtschaftliche Nutzung weniger gut geeignet. Sie zeichnen sich durch eine hohe Wasserdurchlässigkeit bzw. ein geringes Wasserhaltevermögen aus.

Schluffböden hingegen können pflanzenverfügbares Wasser in hoher Menge speichern. Der Schluffanteil entscheidet über das Wasserhaltevermögen und da-

ÜBERSICHT 1: BODENFORMEN NACH HERKUNFT

Herkunft	Bezeichnung	Bewertung
V	Verwitterungsboden	1 (gut) bis 6 (schlecht)
D	Diluvialboden	6 (gut) bis 1 (schlecht)
Lö	Lössboden	1 (gut) bis 6 (schlecht)
Al	Alluvialboden	1 (gut) bis 6 (schlecht)
Mo	Moor- oder Humusboden	1 (gut) bis 6 (schlecht)

Bodenart	geolog. Herkunft	Zustand	BP/AZ[1)]	Bodentyp, z. B.
tL	V	5	38/36	Kalksteinverwitterungsboden
sL	D	5	55/58	Diluviale Parabraunerde
uL	Lö	1	86/88	Löss-Braunerde
htL	Al	2	68/62	Auenboden (schwere Marsch)
HsL	Mo	2	42/44	Anmoor

1) BP = Bodenpunkte, AZ = Ackerzahl, beispielhaft — *top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH*

△ Die Herkunft bestimmt Bodenart und Bodentyp.

ÜBERSICHT 2: EINSTUFUNG VON BÖDEN NACH BODENARTEN

	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	Bezeichnung	BP[1)]
Sorptionsfähigkeit ↓	<5	>20	>75	„Karnickelsand“, S	18–25
		<40	>55	schluffiger Sand, uS	35–50
		<90	>5	Schluffboden, U	60–85
	6–15	<20	>65	lehmiger Sand, lS	25–40
		<50	>35	sandiger Lehm, sL	45–75
		<80	>5	Löss, lehmiger Schluff, lU	75–100
	15–25	<20	>55	stark lehmiger Sand, SL	30–45
		<50	>25	Lehm, L	60–90
		<70	>5	Lösslehm, uL	80–100
	25–40	<20	>40	toniger Sand, tS	25–35
		<50	>10	toniger Lehm, tL	35–75
	40	<20	>40	kein Acker, ST	(25–30)
		<40	>20	Tonboden, (L)T	30–70

1) BP = Bodenpunkte — *top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH*

△ Mit steigendem Tongehalt erhöht sich die Bindigkeit der Böden, mit höherem Schluffanteil die nutzbare Feldkapazität und mit höherem Sandanteil die Durchlässigkeit.

ÜBERSICHT 3: SO ERKENNEN SIE DIE BODENART MIT DER FINGERPROBE

Bodenart	Sand-boden	lehmiger Boden	sandiger Lehm, lehmiger Schluff	Lehm	toniger Lehm bis Ton
	S, IS	IS, sL, sU	sL, IU, hsL	L, huL, uL	tL, LT, T
Tonanteil	bis 6 %	6–12 %	18–25 %	18–25 %	über 25 %
KAK*	90	120	150	200	250
Fingerprobe	nicht brüchig, kaum staubig	knirscht, deutlich staubig	knirscht noch am Ohr, noch nicht bindig	knirscht zwischen den Zähnen, stark mehlig	klebrig, fettig, glänzend
Ausrollgrenze	–	max. 5 mm	3 mm	3 mm	3 bis < 1 mm

** KAK = Kationen-Austausch-Kapazität in cmol je 1 000 g Boden* — *top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH*

△ Um die Bodenart zu bestimmen, hilft die Fingerprobe: Nehmen Sie feldfeuchten und ungesiebten Boden vom Acker (nicht zu nass und nicht zu trocken) und rollen Sie davon eine walnussgroße Partie in der Handfläche wie einen Bleistift aus.

mit vor allem auf Trockenstandorten über die Ertragsfähigkeit des Bodens.

Ton setzt sich aus verschiedenen Tonmineralen zusammen, die nach außen negativ geladen sind und zusammen mit Humus Kationen binden können. Tonböden können deshalb Nährstoffe in großen Mengen speichern und haben einen hohen Wassergehalt. Durch den hohen Anteil an Totwasser in den Feinporen ist aber nur ein geringer Teil davon für die Pflanzen verfügbar. Infolge des Quellvermögens der Tonteilchen machen Tonböden nach Regen schnell zu. Damit wird der Gasaustausch unterbunden. Andererseits reißen Tonböden durch Trockenheit auf. Dadurch kann dann Luft wieder tief in den Boden eindringen. Wie hoch der Tonanteil in Ihrem Boden ist, können Sie mit der Fingerprobe feststellen (Übersicht 3).

Reine Sand-, Schluff- oder Tonböden kommen kaum vor. Landwirtschaftlich genutzte Böden bilden meist ein Gemisch der drei Fraktionen Sand, Schluff und Ton – das ergibt Lehm. Ein „idealer Boden“ besteht aus 17 % Ton, 70 % Schluff und 10 % Sand, dazu noch 3 % Humus (siehe „Humus“ auf Seite 86). Der Ton gewährleistet die Nährstoffspeicherung, der Schluff die Wasserversorgung und der Sand die Standfestigkeit bzw. Tragfähigkeit des Bodens, aber auch die notwendige Durchlässigkeit, um überschüssiges Wasser abzuführen (siehe Übersicht 4).

Weniger optimale Böden weichen in der Zusammensetzung der Korngrößen von diesen Werten ab:

- Steigt der Tonanteil, wird der Boden bindiger und gibt Nährstoffe bei Trockenheit weniger gut ab. Das hat zur Folge, dass die Pflanze „eher verhungert als verdurstet“. Nässe bewirkt das Quellen des Tons, damit „macht der Boden zu“, der Gasaustausch wird behindert. Der tonige Boden lässt sich im nassen und im trockenen Zustand schlechter bearbeiten („Minutenböden“).
- Höhere Schluffanteile lassen den Boden leichter verschlämmen und erodieren.
- Hohe Sandanteile wiederum vermindern die Wasserspeicherung des Bodens und erhöhen das Auswaschungsrisiko von Nährstoffen.

AGGREGATE SCHAFFEN STRUKTUR

Lagern die einzelnen Bodenbestandteile lose nebeneinander, ergibt sich daraus noch kein Boden, sondern ein Sandhaufen oder Tonbatzen. Man nennt das Einzelkorngefüge (Sandhaufen) oder Kohärentgefüge (Kittgefüge). Sandpartikel z.B. haften durch sogenannte Wassermenisken zusammen. Trockener Sand ist grundlos, weil die Bindung zwischen den Sandteilchen verloren gegangen ist. Aus gewässertem Sand lässt sich hingegen eine Sandburg bauen.

Die Bodenstruktur ist auf Aggregaten aufgebaut. Diese werden aus Ton, Schluff und Sand gebildet und durch Humuspartikel, chemische Bindungen, organische Verklebungen und Kalziumbrücken zwischen den Tonpartikeln zusammengehalten. Kalzium ist zweifach positiv geladen und kann dadurch nach außen negativ geladene Tonminerale verbinden. Das Einzelkorngefüge lässt sich mit einem Sandhaufen vergleichen, die Bodenaggregate sind dagegen die Elemente einer Architektur, die zu verschiedenen Formen zusammengefügt werden. Ein Bodengefüge bildet sich durch das Zusammenballen der einzelnen Bestandteile. Daraus entsteht auf

ÜBERSICHT 4: KORNGRÖSSEN DER BODENBESTANDTEILE

Bodenbestandteile — *top agrar*

Ton unter 2 µm[1]	Schluff 2 bis 63 µm[1]	Sand 63 bis 2 000 µm[1]	Humus
• feinste Fraktion • Quellung und Schrumpfung • Nährstoffsorption und Nährstofflieferung	• bestimmte nutzbare Wasserhaltefähigkeit	• gröbste Fraktion des Feinbodens • kantig • Stabilität des Bodens	• Erwärmung, Auskühlung, Wasserhaltefähigkeit, N-Freisetzung, Nährstoffsorption und Nährstofflieferung

„idealer Boden“

17 % Ton	+	70 % Schluff	+	10 % Sand	+	3 % Humus

Bodenart wirkt auf: Wasserhaushalt (Speicherung/Führung); Nährstoffhaushalt und -transport; Wirkstoffresorption

1) 1 µm = 0,001 mm; 1 000 µm = 1 mm

Quelle: N.U. Agrar GmbH

△ Reine Bodenarten kommen selten vor. Böden sind meist Gemische aus Ton-, Schluff- und Sandbestandteilen sowie Humus.

natürlichem Weg das Aggregatgefüge, idealerweise das Krümelgefüge. Krümel haben einen Durchmesser von 1 bis 10 mm, sind abgerundet, humos und porös und haben eine hohe Stabilität.

Trocknet ein verdichteter, feinkörniger Boden aus, entsteht durch Schrumpfung und Rissbildung ein sogenanntes Absonderungsgefüge wie scharfkantige Polyeder oder ein horizontal ausgerichtetes Plattengefüge durch Bearbeitungssohlen. Letztere stören die Wasserableitung, unterbrechen den kapillaren Aufstieg und verhindern das Tiefenwachstum der Wurzeln. Bodenbearbeitung bricht den Boden auf – es entsteht ein Fragmentgefüge mit kantigen Bröckeln, wenn die Bodenbearbeitung im optimalen Zustand des Bodens erfolgt. Wird der Boden zu nass oder zu trocken bearbeitet, entsteht ein Fragmentgefüge mit Klumpen oder Batzen.

POREN

Der Wasserspeicher

Foto: agrarfoto.com

Zwischen den Bodenpartikeln, die zusammen mit dem Humus die Festsubstanz des Bodens bilden, befinden sich Poren. Sie geben dem Boden die Fähigkeit Wasser aufnehmen zu können wie ein Schwamm. Die feinsten Poren (Feinporen, unter 0,2 µm mittlerer Durchmesser) befinden sich direkt um die Tonpartikel herum. Das darin enthaltene Wasser ist so stark gebunden, dass Pflanzenwurzeln es nicht aufnehmen können (Totwasser).

In den Aggregaten eingeschlossen sind Mittelporen (0,2 bis 10 µm Durchmesser), die das Wasser pflanzenverfügbar speichern. Die Feinwurzeln können teilweise in die Mittelporen hineinwachsen und daraus Wasser saugen. Im Netz der Mittelporen kann Wasser kapillar aufsteigen, versickert aber nicht – es kann also gegen die Schwerkraft gehalten werden.

Niederschlagswasser versickert in den Grobporen (mittlerer Durchmesser über 10 µm) zwischen den Aggregaten. Dabei unterscheiden wir zwischen weiten Grobporen, die schnell entwässern, und engen Grobporen, in denen die Versickerung langsamer erfolgt. Die Funktion der verschiedenen Poren finden Sie in der Übersicht 5 auf Seite 86.

Fein- und Mittelporen können wir durch die Bodenbearbeitung nicht beeinflussen. Dagegen kann die Bodenbearbeitung den Anteil der Grobporen verändern.

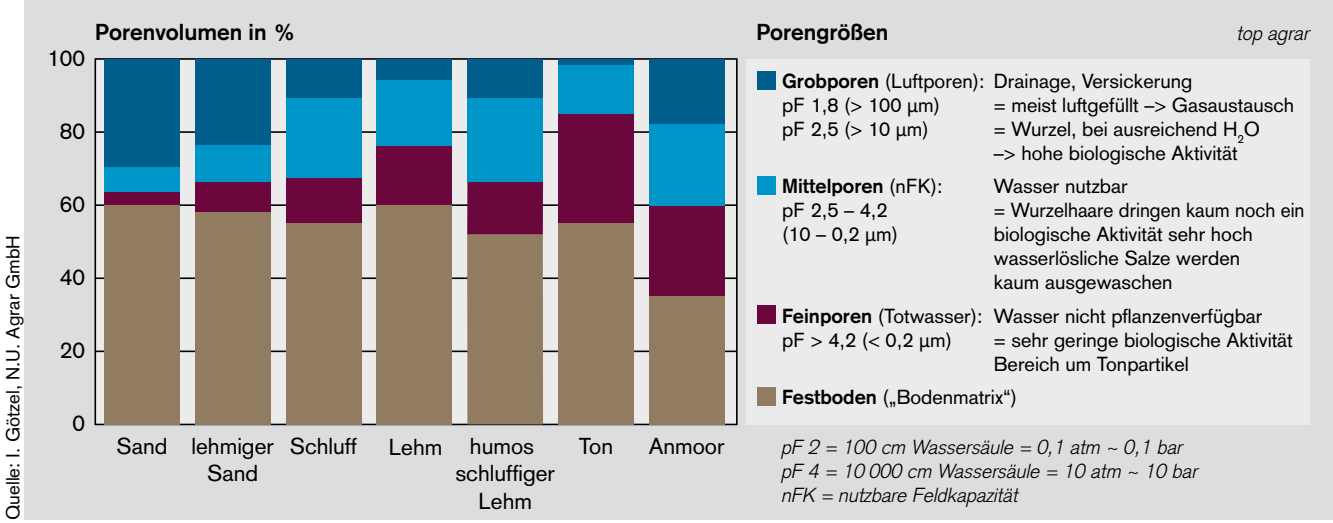
In den Grobporen findet vornehmlich der Gasaustausch im Boden statt. Bei intensiver Trockenheit wird der Boden quasi mit Luft bis in die Mittelporen hinein aufgepumpt. Füllt sich der Boden im Herbst mit Wasser, kann die Luft aus den Mittelporen nicht vollständig entweichen: Man läuft über den Boden wie über ein Luftpolster. Diesen Zustand nennt man „Trocken- oder Sommergare“. Diese ermöglicht aufgrund der intensiven Durchlüftung des Bodens eine hohe N-Freisetzung.

Das Porenvolumen im Boden hängt von der Bodenart und vom Humushaushalt ab. Für das Pflanzenwachstum entscheidend ist der Anteil an Mittelporen. Anhand der Bodenart lässt sich deren Anteil abschätzen und die nutzbare Feldkapazität (nFK) ableiten. Sandböden können zwischen 80 und 140 mm Wasser pflanzenverfügbar speichern. Lehmböden speichern zwischen 150 und 220 mm, Lössböden bis zu 250 mm. Tonböden haben eine nFK von 140 bis 180 mm. Böden mit höheren Humusgehalten haben eine um 10 bis 25 % höhere nFK. Diese Angaben sind bis 1 m Tiefe gerechnet. Flachgründige Böden mit Felsen, Schotter oder Sand im Untergrund speichern entsprechend weniger Wasser.

Die Ableitung von überschüssigem Wasser erfolgt in den Grobporen. Deren Anteil ist im sandigen Boden höher als im lehmigen oder gar tonigen Boden.

Die Durchlässigkeit des Bodens wird durch den Kf-Wert angegeben. Sandige Böden haben einen Kf-Wert von 0,5 bis 1,0 m/d. Das bedeutet, dass das Wasser innerhalb eines Tages zwischen 50 cm und 1 m tief in den Boden eindringen kann. Lehm- und Lössböden haben einen Kf-Wert von 0,1 bis 0,3 m je Tag: das Wasser kann

ÜBERSICHT 5: PORENVOLUMEN VON BÖDEN IM VERGLEICH



△ Das pflanzenverfügbare Wasser befindet sich in den Mittelporen. Das Porenvolumen und der Anteil der unterschiedlichen Porengrößen hängt von der Bodenart und vom Humusgehalt ab.

somit innerhalb eines Tages bis Krumentiefe eindringen. In tonige Böden dringt es nur bis 10 cm ein (Kf-Wert 0,1 m/d). Sandige Böden kann man wenige Stunden bis einen Tag nach einem stärkeren Regen wieder bearbeiten, während man bei tonigen Böden mehrere Tage bis zu einer Woche warten muss. Im trockenen Boden ist der Wasserabfluss langsamer als im wassergesättigten Boden, weil die Lufteinschlüsse in den Poren ein Polster bilden, das das Vordringen des Wassers behindert. Die Versickerung erfolgt erst, wenn die Luft entwichen ist.

PORENKONTINUITÄT ERHALTEN

Der Wasserabfluss, der kapillare Aufstieg und das Wurzelwachstum erfordern, dass die Poren kontinuierlich von oben nach unten verlaufen. Verdichtungen oder Strohmatten wirken genauso hinderlich wie der Wechsel von festem zu lockerem Boden und umgekehrt bzw. ein Wechsel in der Bodenart (geschichtete Böden). Aus diesem Grund muss der Boden nach einer tiefen Lockerung auch wieder genauso tief rückverfestigt werden, wie er vorher gelockert wurde, wenn für die natürliche Sackung keine Zeit bleibt.

HUMUS

Der Bodenverbesserer

Foto: Höner

Die Festsubstanz des Bodens, die Bodenmatrix, besteht aus dem Mineralbestandteil und der organischen Substanz. Diese setzt sich aus der abgestorbenen organischen Substanz (Humus) und der aktiven, lebenden Biomasse (Edaphon) zusammen. Letzteres sind Mikroorganismen und Lebewesen im Boden, die das Bodenleben bewerkstelligen.

Humus besteht aus zwei Fraktionen:

- **Dauerhumus (50 bis 80 %):** Das sind vorwiegend Fulvosäuren, Huminsäuren und Humide. Huminsäuren verleihen dem Humus die dunkle Farbe. Dauerhumus wird über einen langen Zeitraum gebildet, die Bewirtschaftung beeinflusst ihn kurzfristig nur wenig.
- **Nährhumus (20 bis 50 %):** Dieser besteht zu einem Großteil aus Zellulosen, Hemizellulosen und Proteinen, die über Ernte- und Wurzelrückstände, Zwischenfrüchte und Wirtschaftsdünger in den Boden gelangen. Etwa 20 % der zugeführten organischen Substanz wird in den Nährhumus eingebaut, der Rest wird abgebaut.

HUMUS STABILISIERT

Humus legt sich wie ein Netz über die Mineralpartikel im Boden und trägt auf diese Weise zur Bildung stabiler Krümel bei. Die Durchlüftung des Bodens, Wasserspeicherfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit des Bodens werden gefördert. Dadurch können die Wurzeln besser wachsen und Wasser und Nährstoffe leichter aufnehmen. Durch die bessere Durchlüftung steigt auch die mikrobielle Aktivität im Boden.

Humus macht den Boden elastischer und stärkt die Belastbarkeit des Bodens. Das verringert das Verdichtungs- und Erosionsrisiko. Humus ...

- speichert Nährstoffe und bildet eine langsam fließende Nährstoffquelle,
- ist Nahrungsquelle für Bodenmikroorganismen und Bodentiere,
- wirkt als Puffer gegen pH-Schwankungen im Boden,
- wirkt durch Adsorption als Filter für Fremdstoffe und verhindert deren Eintrag in das Grund- und Trinkwasser und speichert CO_2.

OPTIMALER HUMUSGEHALT

Ein (zu) hoher Humusgehalt im Boden macht die Böden dagegen puffig und verringert die Verfügbarkeit von Spurenelementen – z.B. Kupfer durch Komplexbildung, Mangan durch die stärkere Durchlüftung. Weitere Folgen entnehmen Sie der Übersicht 6. So mindert zu viel Humus z.B. die Wirkung von Bodenherbiziden und erhöht das

Risiko für Wurzelkrankheiten wie Schwarzbeinigkeit.
Der optimale Humusgehalt hängt in erster Linie von der Bodenart ab und von den Wirkungen, die man an andere Eigenschaften des Bodens stellt:
In sandigen Böden sollte der Humusgehalt zwischen 2,2 und 3,5 % liegen. Je trockener der Standort, umso besser ist ein höherer Humusgehalt. Unter 1,7 % Humus sinkt die Ertragssicherheit auf sandigen Böden eklatant.
Schluffige Böden sollten 2,2 bis 3,0 % Humus aufweisen. Unter 1,8 % Humus nimmt die Strukturstabilität dieser Böden ab. Der Boden verschlämmt schneller.
In Lehmböden sind 2,0 bis 2,8 % Humus optimal. Unter 1,5 % Humus nimmt die Bearbeitbarkeit dieser Böden rapide ab. Die Bodenstruktur wird trotz hoher pH-Werte deutlich schlechter.
Tonböden sollten höhere Humusgehalte von 2,2 bis 3,5 % enthalten. Unter 1,8 % Humus lassen sich tonige Böden schlechter bearbeiten, außerdem ist die nutzbare Feldkapazität geringer.

C_{ORG} ODER HUMUS?

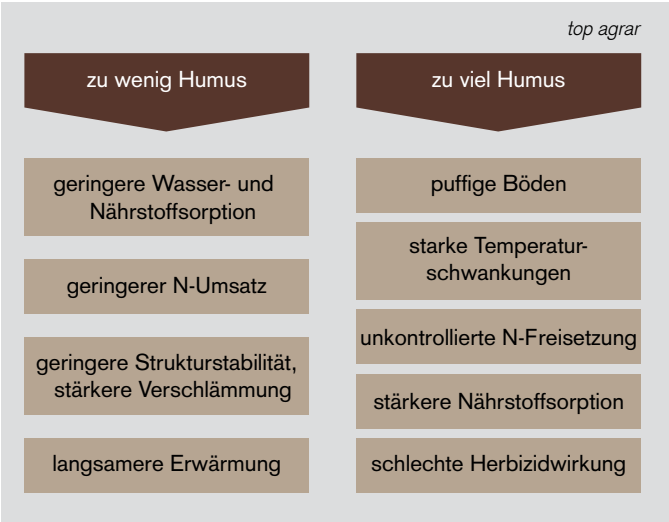
Anhand der Bodenfarbe kann man den Humusgehalt nur grob schätzen. Nasse Böden wirken dunkler und gaukeln höhere Humusgehalte vor als trockene Böden. Sandige Böden wirken bei gleichem Humusgehalt dunkler als tonige Böden. Das hängt mit der geringeren Oberfläche der Sandkörner zusammen. Dadurch ist die (Farb-)Konzentration je cm² Oberfläche höher. Wer es genau wissen will, muss den Humusgehalt im Labor über den Kohlenstoffanteil bestimmen lassen.

Neben der organischen Form kommt Kohlenstoff im Boden auch in anorganischer Form vor: als Carbonat (Calcit, Dolomit), das im Gesamt-Kohlenstoff (C_t) enthalten ist. Dieses lässt sich mit der sogenannten Dumas-Methode bestimmen. Der C-Carbonat-Anteil muss dann vom C_t abgezogen werden, um C_{org} zu errechnen. Andernfalls wird C_{org} bzw. der Humusgehalt im Boden überschätzt. Der Humusgehalt ergibt sich durch die Multiplikation von C_{org} mit dem Faktor 1,72.
Beispiel: Ein Boden mit gemessenen 2,3 % C_t hat nach Abzug von 0,3 % Carbonat-Kohlenstoff 2,0 % C_{org} oder 3,4 % Humus. Ohne den Abzug von 0,3 % Carbonat-C ergäben sich rechnerisch 4,0 % Humus, die nach DüV zu einem Abzug bei der Düngebedarfsermittlung führen würden.

C:N-VERHÄLTNIS BESTIMMT DIE HUMUSQUALITÄT

Humus ist nicht gleich Humus. Die Humusqualität lässt sich mit dem C:N-Verhältnis bewerten. Im Boden liegt der Stickstoff (N) vorwiegend organisch gebunden vor. Der N-Gehalt im Verhältnis zum Kohlenstoffgehalt spiegelt das Nachlieferungspotenzial des Bodens wider:
- C:N > 14:1 – diese Böden legen mehr Stickstoff fest als sie freisetzen.
- C:N = 12:1 – N-Freisetzung und -Festlegung halten sich die Waage. ▶

ÜBERSICHT 6: WENN DER HUMUSGEHALT NICHT PASST



Quelle: N.U. Agrar GmbH

◁ Ist der Humushaushalt im Ungleichgewicht, summieren sich die negativen Folgen.

ERLUS
Qualität aus Deutschland

Das hagelsichere ERLUS Dach

Ergoldsbacher
E 58 PLUS®
Hagelkorn 50 mm = HW 5
unser Stärkster gegen Hagel!

STARK GEGEN HAGEL!

Wenn gewaltige Hagelkörner auf's Dach prasseln – wünschen Sie sich nicht auch ein stabiles Dach? Wie gut, dass es das hagelzertifizierte Dachsortiment von ERLUS gibt: vom IBS Linz getestet, erreicht es mindestens die Hagelwiderstandsklasse 4 (HW 4). Das entspricht einem Hagelschauer mit bis zu 4 cm großen Hagelkörnern. Unser Dachziegel Ergoldsbacher E 58 PLUS® und das gesamte ALU-SYSTEM aus dem ERLUS Markenzubehör erreichen sogar HW 5, was 5 cm großen Eiskugeln gleichkommt.

Schützen Sie sich und Ihr Haus vor schlimmen Hagelschäden und investieren Sie jetzt in ein hagelsicheres ERLUS Dach!

Mehr dazu auf www.erlus.com/hagel

Übrigens: im Hagelregister können Sie sich über hagelsichere Baumaterialien informieren (www.hagelregister.info). Prävention lohnt sich!

• C:N < 10:1 – Böden mit schwer kontrollierbarer N-Mineralisation.
• C:N < 9:1 – mögliche Ammonium (NH_4)-Bindung durch Tonminerale. Die Erklärung dazu: Die meisten Böden enthalten weniger als 5 % N_{min} (Nitrat und Ammonium). Es gibt aber auch Böden (z.B. Illit-reiche Rotlehme aus Löss), deren Austauscher (Tonminerale) mit NH_4 belegt sind. Das können mehrere hundert kg NH_4-N sein. Dieses NH_4 wird durch die Bestimmung des Gesamt-N miterfasst und kann auch ausgetauscht (= freigesetzt) werden.

ÜBERS. 7: KLIMATOMORPHE BÖDEN – CARBONATHALTIGE BÖDEN

Nieder-schläge[1)]	<500 mm	<650 mm	<750 mm	>750 mm	>800 mm
Bodentyp	Schwarz-erde	Braun-erde	Parabraun-erde	pseudovergleyte Parabraunerde	Pseudo-gley
Bodenhorizonte	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
	Ah	Bv	E	E	Bg
	C	C	Bt	Bv	G
			C	C	
Bodenpunkte	80–100	50–90	50–90	40–70	35–55

1) Mit zunehmenden Niederschlägen nimmt die Verlagerung zu. *top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH*

ÜBERS. 8: KLIMATOMORPHE BÖDEN – SILIKATISCHE BÖDEN

pH-Wert[1)]	5,5–6,5	5,5–6,5	4,5
Bodentyp	Ranker	Braunerde	Podsol
Bodenhorizonte	Ah	Ah	Ah
	C1	Bv	E
	C2	C	Bfe
			C
Bodenpunkte	30–40	30–50	20–30

1) Mit zunehmender Entkalkung (geringerer pH-Wert) kommt es zu Humus-, (Ton-) und Eisenverlagerungen. *top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH*

◁ Entkalkung degradiert die klimatomorphen Böden aus Silikatgestein.

ÜBERS. 9: LITHOMORPHE BÖDEN (AUSWAHL)

Ausgangs-gestein[1)]	Silikatgestein	Tongestein	Kalkstein	Dolomit
Bodentyp	Ranker	Pelosol	Kalkrendzina	Pararendzina
Bodenhorizonte	Ap	Ap	Ah	Ap
	C	C1	C	C
		C2		
Bodenpunkte	25–40	25–35	35–50	35–45
Bodenbeispiele	Urgesteins-böden	Rötton	Jura	Kalkmergel

1) Verwitterungsböden aus Fest- oder Lockergestein *top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH*

△ In den Übersichten 7 bis 9 gelten folgende Abkürzungen: A = mineralischer Oberboden; B = mineralischer Unterboden; C = Ausgangsgestein; E = ausgewaschener Horizont; G = Grundwasserbeinflusster Horizont; fe = eisenhaltig oder eisenverarmt; g = (pseudo-) vergleyt; h = humos; p = Pflughorizont; t = tonangereichert; v = verwittert (verbraunt)

KLASSIFIZIERUNG

Die Böden nach Typen

Foto: Moritz

Anhand der unterschiedlichen Eigenschaften lassen sich Böden klassifizieren. Böden gleichen Ursprungs entwickelten sich unter ähnlichen klimatischen Verhältnissen auch annähernd gleich und lassen vergleichbare Erträge und Qualitäten erwarten. Ausgangsmaterial des Bodens, Bodenart, Humusgehalt und Bodenzustand kennzeichnen den Bodentyp. Diese Parameter gehen auch in die Bodenwertzahl mit ein. Eine wünschenswerte zusätzliche Information gibt der pH-Wert. Zusammen mit dem Bodentyp, der die Horizontabfolge widerspiegelt, lässt sich mit diesen Angaben der Boden eines Standortes mit seiner Ertragsfähigkeit recht gut beschreiben. Wie, das zeigen die Übersichten 7 bis 9.

Als Bodenfruchtbarkeit wird „die Fähigkeit eines Bodens, Frucht zu tragen, d.h. den Pflanzen als Standort zu dienen und nachhaltig regelmäßige Pflanzenerträge von hoher Qualität zu erzeugen“, definiert. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der natürlichen und der erworbenen, d.h. die durch die Nutzung des Bodens entstandene, Bodenfruchtbarkeit eines Standortes. Die natürliche Bodenfruchtbarkeit hängt von den Standortfaktoren und der Bodenentwicklung ab, also von Ausgangssubstrat, Klima, Relief, Vegetation und der Dauer der Bodenentwicklung. Die Bewirtschaftung kann die Bodenfruchtbarkeit, z.B. durch eine regelmäßige Zufuhr organischer Dünger, nachhaltig verbessern, aber auch verschlechtern, z.B. wenn auf die Kalkung verzichtet oder Humus stark abgebaut wird. Diese Faktoren können die Bodenfruchtbarkeit und die Ertragsleistung mindern:
• Unterlassung der Kalkung und Grunddüngung,
• langjähriger Verzicht auf organische Düngung
• verstärkter Humusabbau,
• Bodenerosion,
• Verdichtungen in der Krume und
• Unterbodenverdichtungen.

IHR SPEZIALIST FÜR MULCHGERÄTE.
FÜR JEDEN EINSATZBEREICH DAS RICHTIGE MODELL

BERTI
A name you can trust

CLEANFIX® Umschaltventilatoren

mehr Kühlung | mehr Leistung | mehr Produktivität | keine Unterbrechung

---

DAMMANN® proSpray
PWM - Pulsweitenmodulation

In der ISOBUS-Bedienung der Spritze integriert!

www.dammann-technik.de

Bauchfrei
FREIZÜGIGE INNOVATIONEN
>> BREMER®-maschinenbau.de <<

Schäffer
SCHAEFFER.DE

AMAZONE Präzision
www.precision-today.de

MyKUHN
ONLINE PORTAL
TOP Service für KUHN-Kunden

KUHN
www.kuhn.de

Stallklimashop.de

PP-MEGA-Rohr/Drän

bis 40 t befahrbar

Entwässerungsrinne
+43 7277/2598

Ihr Spezialist
www.bauernfeind.at

---

wolf® SYSTEM | wolf® HAUS

STALLBAU | HALLENBAU | BEHÄLTERBAU | HAUSBAU

WOLF SYSTEM GMBH | Am Stadtwald 20 | 94486 Osterhofen
09932 37-0 | mail@wolfsystem.de | WWW.WOLFSYSTEM.DE

Bauen mit System!

---

top agrarONLINE
Finde uns auf:

Guenstige Hallen
Kostengünstige feuerverzinkte Systemhallen
+ROBUST +QUALITATIV +GÜNSTIG

- Kostenlose Feuerverzinkung der Metallstruktur
- Trapezblech, 0.75mm, + Antitropfbeschichtung
- Statische Berechnung der Stahlhalle
- Feuerverzinkte Stahlpfetten C-Profil 180mm
- Komplett 4 Seiten + Schiebetür 4,5 x 6m

*Grundpreis ohne MwSt. für Gebiete in Deutschland, die maximal 65kg/m² Schneelast haben (ohne Lieferung). vgl. Bedingungen auf unserer Website. Foto nicht verbindlich.

36 895€* | 400 m²

00 49 2099 4599000 | verkauf@guenstigehallen.de

Mähdrescher-Verkauf | Aftersales-Service | Kundendienst | Ersatzteile

Nähere Informationen unter:
RSM Agrartechnik GmbH | Rationalstr. 4a | 49328 Melle
Fon.: +49 (0) 5 226 5 934 100 | Fax.: +49 (0) 5 226 5 934 101

www.rostselmash.com
ROSTSELMASH