



Erdbau, Boden

Grundlagen

A. Allgemeines

1. Anwendungsbereich

Diese Norm behandelt die Grundlagen für den Schutz des Bodens beim Bau von Verkehrswegen und übrigen tiefbaulichen Eingriffen. Sie kann aber auch bei der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung des Bodens beigezogen werden.

2. Gegenstand und Zweck

Diese Norm erläutert die grundlegenden Begriffe für die bodenkundliche Beurteilung des Bodens. Es werden die bodenkundlichen Begriffe für den Vollzug des Bodenschutzes [7], [8] erklärt, im speziellen zur Beurteilung und Klassierung der Böden. Die Erfassung des Ausgangszustandes des Bodens und die Bodenschutzmassnahmen sind in den Normen [2] und [3] beschrieben (Abbildung 1). Geotechnische Beurteilungen, Begriffe und Signaturen zum Boden sind Inhalt der Normen [1], [4] und [5].

3. Grundlagen

Die gesetzliche Verankerung des Bodenschutzes wurde in der Bundesverfassung 1970 fixiert und seither schrittweise über entsprechende Gesetze und Verordnungen in Kraft gesetzt. Abbildung 2 zeigt die Chronologie der entsprechenden Gesetzesentwicklung und der Normen innerhalb der Schutzbereiche Flächenverlust, stoffliche resp. physikalische Belastung.

Terrassement, sol

Bases

A. Généralités

1. Domaine d'application

Cette norme traite des bases pour la protection du sol lors de la construction de voies de communication ou de toutes autres interventions de génie civil. Elle peut également être utilisée pour l'agriculture et la sylviculture.

2. Objet et but

Cette norme donne les concepts de base pour une caractérisation pédologique du sol. Les définitions pédologiques utiles pour la protection du sol [7], [8] sont expliquées, en particulier celles relatives à la caractérisation et la classification des sols. La description de l'état initial du sol et les mesures pour sa protection sont abordées dans les normes [2] et [3] (figure 1). La caractérisation du sol du point de vue géotechnique ainsi que les signes conventionnels de sa représentation sont traités dans les normes [1], [4] et [5].

3. Bases

La protection des sols figure depuis 1970 dans la constitution fédérale, et elle a été concrétisée, pas à pas, dans les lois et ordonnances y relatives. La figure 2 présente l'évolution de la législation et des normes dans les domaines du maintien des surfaces et de la protection contre les atteintes chimiques et physiques.

4. Begriffe

Boden

Der Boden ist die äusserste lockere, durch Verwitterung entstandene Schicht der Erdkruste, die durch Lebewesen geprägt wird [6] (Abbildung 3).

Bodentyp

Böden mit ähnlicher Entstehungsgeschichte, ähnlichem Wasserhaushalt, ähnlichem Aufbau und ähnlichen chemischen und mineralogischen Eigenschaften werden zu Bodentypen zusammengefasst [9] (Abbildung 5).

Feinerde

Unter Feinerde versteht man die Gesamtheit der Bodenpartikel mit einem Äquivalentdurchmesser ≤ 2 mm. Sie setzt sich je nach Bodenschicht aus Humus sowie der mineralischen Feinerde zusammen [9].

Bodenart

Die Feinerdekörnung, auch Bodenart genannt, ist ein Ausdruck für den Anteil von Ton, Schluff und Sand in Gewichtsprozenten an der gesamten Feinerde [9] (Abbildung 6).

Bodenskelett

Unter Bodenskelett versteht man alle mineralischen Bodenbestandteile mit einem Durchmesser von mehr als 2 mm. Dabei wird unterteilt in Fein- und Grobskelett mit den entsprechenden Fraktionen [9] (Tabelle 3).

B. Bodenkundliche Beurteilung des Bodens

5. Fruchtbarkeit des Bodens

Fruchtbare Böden

- ermöglichen eine artenreiche, biologisch aktive Tier- und Pflanzenwelt.
- haben eine standorttypische Struktur und eine ungestörte Abbaufähigkeit.
- erlauben ungestörtes Pflanzenwachstum (ohne Beeinträchtigung der charakteristischen Pflanzeigenschaften).
- gewährleisten eine für Mensch und Tier gesundheitlich verträgliche Qualität der pflanzlichen Erzeugnisse.

Bei Eingriffen in den Boden (z.B. Bodenaushub, Befahrung) kann die Bodenfruchtbarkeit zerstört werden.

4. Définitions

Sol

Le sol correspond à la couche meuble superficielle de la croûte terrestre, altérée et influencée par les organismes vivants [6] (figure 3).

Type de sol

Les sols qui ont une pédogenèse, un régime hydrique, une structure et des propriétés chimiques et minéralogiques semblables sont regroupés en types de sol [9] (figure 5).

Fraction fine

Par fraction fine on entend l'ensemble des particules de la fraction fine ayant un diamètre ≤ 2 mm. Selon les horizons considérés, elle est formée de la matière organique et de la fraction minérale [9].

Texture du sol

Par texture du sol on entend la répartition de la fraction fine, exprimée en % du total, entre les fractions argile, silt et sable [9] (figure 6).

Pierrosité du sol

Par pierrosité du sol on entend les constituants minéraux ayant un diamètre supérieur à 2 mm. Partant on distingue la pierrosité fine et la pierrosité grossière [9] (tableau 3).

B. Caractérisation pédologique du sol

5. Fertilité du sol

Un sol fertile

- possède une biocénose diversifiée et biologiquement active.
- présente une structure typique pour sa station et une capacité de décomposition intacte.
- permet à la végétation de croître normalement (sans nuire à ses caractéristiques).
- assure la production de fourrages et de denrées végétales de bonne qualité ne menaçant pas la santé de l'homme et des animaux.

La fertilité du sol peut être détruite lors d'interventions (par ex. terrassement, roulage).

Bodenschutz = Schutz der Bodenfruchtbarkeit

Qualitativer Schutz

Umweltschutzgesetz, Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo)

Quantitativer Schutz

Raumplanungsgesetz

CHEMISCH:
Eintrag und Anreicherung
schädlicher chemischer
Substanzen verhindern.

PHYSIKALISCH:
Bodenschädigende mecha-
nische Einwirkungen vermei-
den.

BIOLOGISCH:
Schutz der standorttypischen bio-
logischen Vielfalt. Vermeiden le-
bensschädlicher Einwirkungen.

FLÄCHENSCHUTZ:
Rationeller und spar-
samer Umgang mit
der Bodenfläche.

PHASE 1 PLANUNG UND PROJEKTIERUNG

SN 640 582

- Erfassung Ausgangszustand.
- Triage des Bodenaushubes.
- Definition Schutzmassnahmen.
- Bodenkundliche Ausschrei-
bungsvorgaben.

ERFASSUNG DES AUSGANGSZUSTANDES

- a. Bodenkartierung.
- b. Beprobung und Analyse (nach VBBo)
- c. Beurteilung der Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Einwirkungen.

TRIAGE DES BODENAUSHUBES

- (betrifft A- und B-Horizont)
- a. Uneingeschränkte Weiterverwendung.
 - b. Eingeschränkte Weiterverwendung.
 - c. Entsorgung, event. mit Vorbehandlung.

MASCHINENWAHL

- a. Leichte Maschinen.
- b. Geeignete Fahrwerke.
- c. Niedrige Flächenpressung.

BEGRÜNUNG

Vorausbegrünung offener Acker-
flächen zum Schutz und zur Sta-
bilisierung des Bodens.

FLÄCHE DES EINGRIFFES KLEIN HALTEN

- a. Angepasste Baumethoden.
- b. Begrenzung des Aushubbereiches.
- c. Begrenzung der zusätzlich bean-
spruchten Bodenfläche.

PHASE 2 BAU UND EINGRIFF

SN 640 583

PHASE 3 WIEDERHERSTELLUNG UND ABNAHME

SN 640 583

Protéger le sol = Préserver sa fertilité

Protection qualitative du sol

Loi sur la protection de l'environnement, Ordonnance sur la protection des sols contre les atteintes (OSol)

Protection quantitative

Loi sur l'aménagement du territoire

CHIMIQUE:
Empêcher l'introduction et l'accumulation de polluants dans les sols.

PHYSIQUE:
Eviter toute intervention mécanique dommageable pour les sols.

BIOLOGIQUE:
Protéger la diversité biologique typique d'une station. Eviter les atteintes à la vie des sols.

SURFACE:
Utiliser de manière économe et rationnelle les sols.

PHASE 1 PROJET ET ETUDES PRELIMINAIRES

SN 640 582

- Caractérisation de l'état initial.
- Tri des matériaux terreux manipulés.
- Définition des mesures de protection.
- Cahier des charges pour l'étude pédologique.

CARACTERISATION DE L'ETAT INITIAL

- a. Cartographie des sols.
- b. Echantillonnage et analyses (selon OSol).
- c. Evaluation de la sensibilité des sols aux atteintes physiques.

TRI DES MATERIAUX TERREUX MANIPULES

- (concerne les horizons A et B)
- a. Réutilisation sans problème.
 - b. Restrictions à la réutilisation.
 - c. Stockage définitif, évent avec traitement préliminaire.

CHOIX DES MACHINES

- a. Machines légères.
- b. Surface de contact adaptée.
- c. Faible pression au sol.

VEGETALISER LES SOLS

Végétalisation préalable des emprises pour protéger et stabiliser les sols.

MINIMISER LES EMPRISES

- a. Adapter les méthodes de construction.
- b. Limiter les surfaces à excaver et décaper.
- c. Limiter les emprises des installations de chantier.

PHASE 2 CONSTRUCTION ET EMPRISES

SN 640 583

PHASE 3 REMISE EN PLACE ET RESTITUTION

SN 640 583

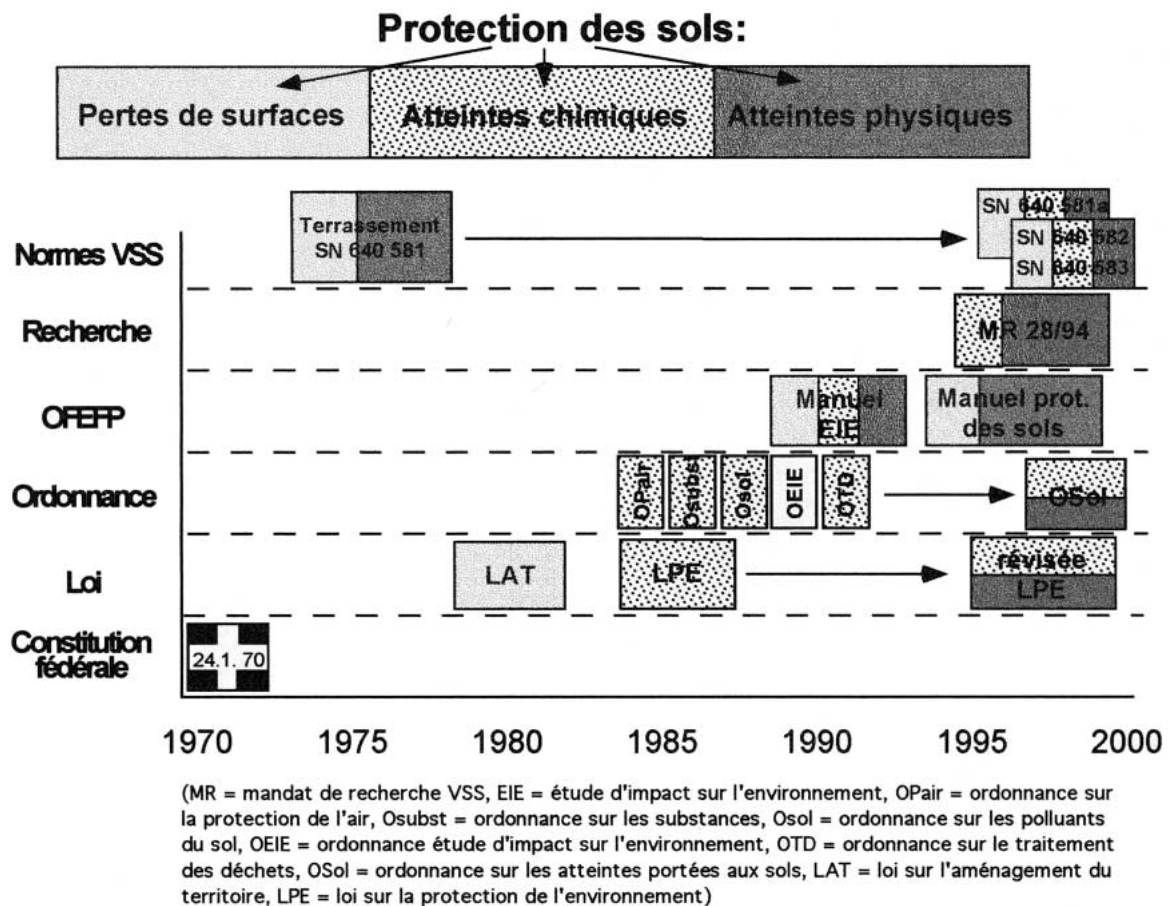
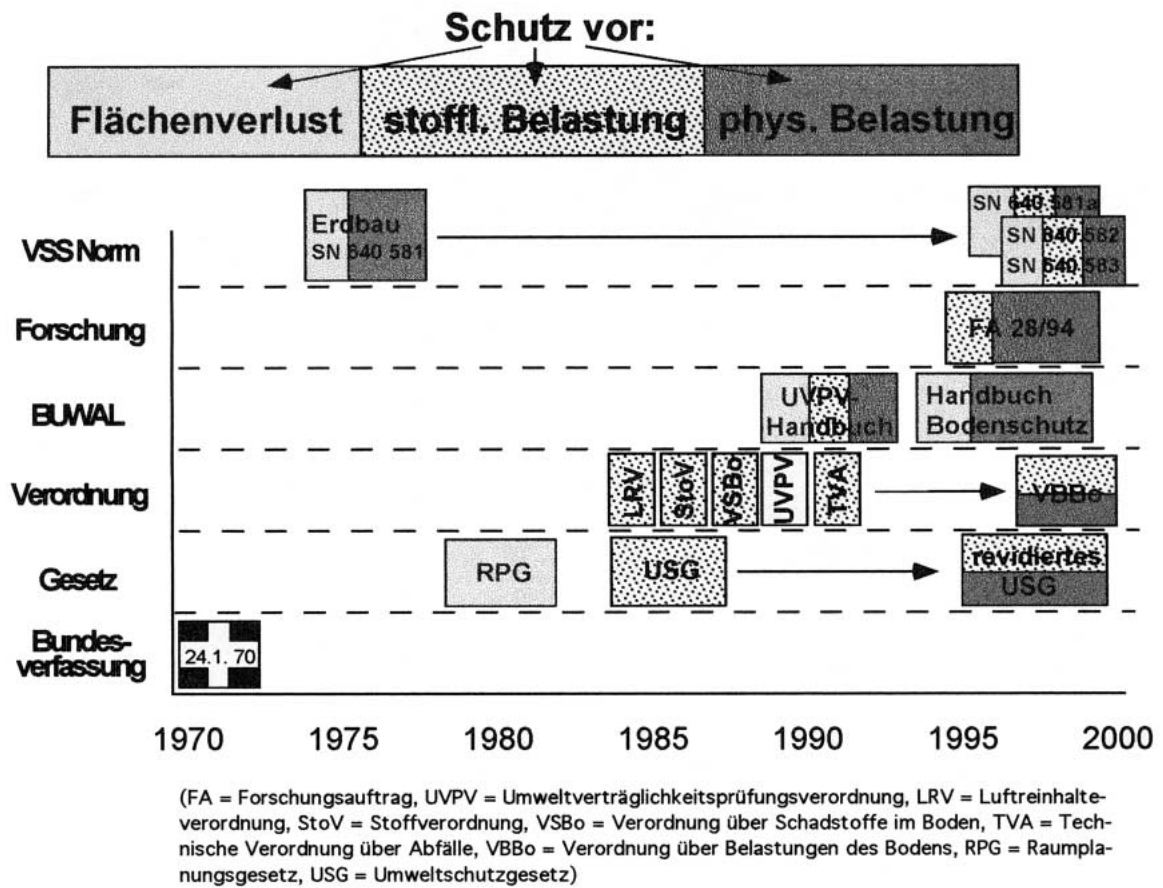


Abb. 2
Gesetzliche Grundlagen und Normen für die Umsetzung des Bodenschutzes

Fig. 2
Bases légales et normes pour l'application de la protection des sols

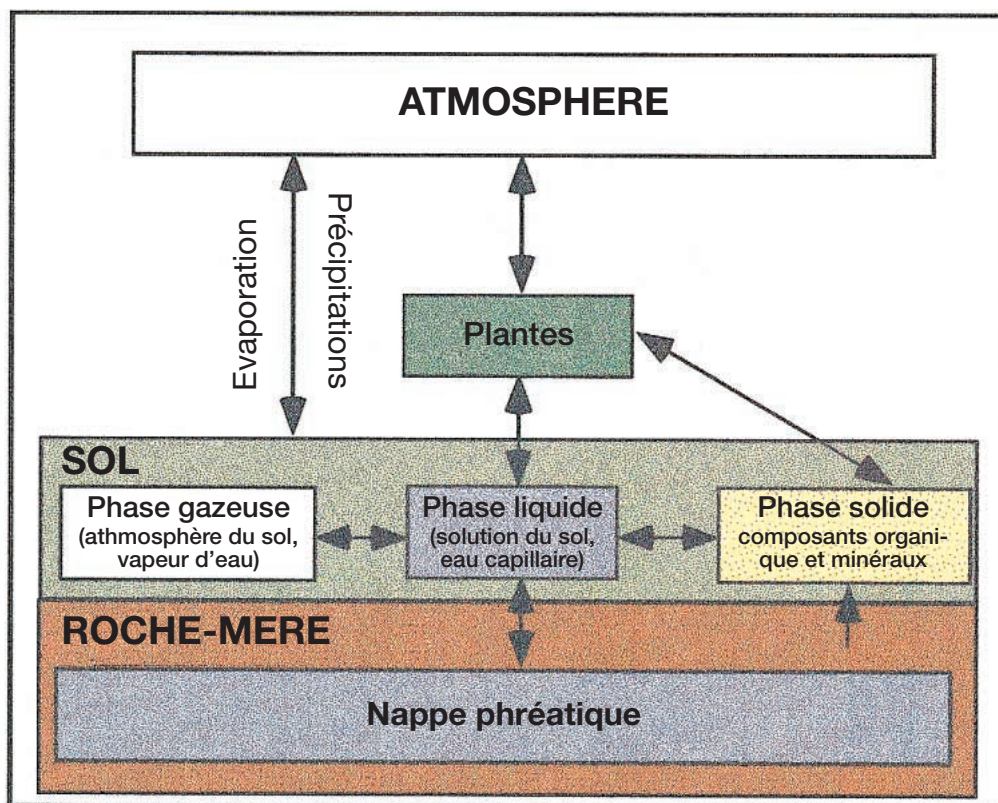
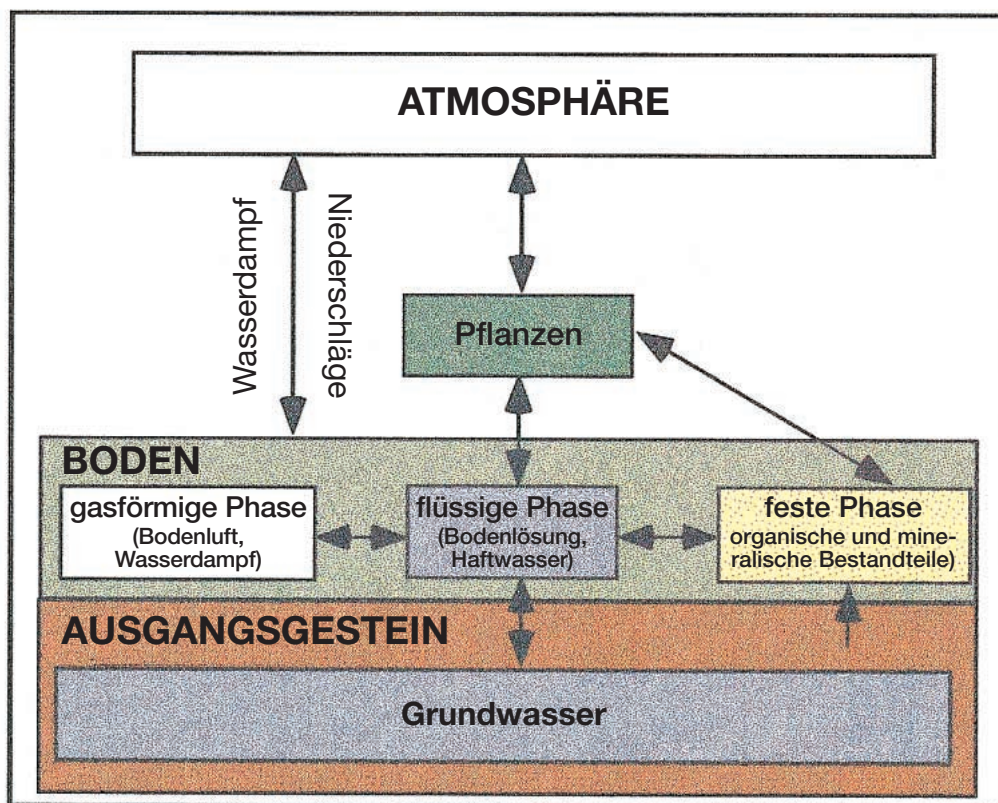


Abb. 3
Schnittstelle Boden

Fig. 3
Le sol, une interface et un lieu d'échange

6. Aufbau des Bodens, Bodenhorizonte

Gut entwickelte Böden bestehen vereinfacht dargestellt aus drei Schichten/Horizonten (Abbildung 4). Diese Dreiteilung des Bodenaufbaus stellt eine grobe Vereinfachung der effektiven Verhältnisse dar. Sie kann in dieser Form nur bei entwickelten Böden mit normaler Durchlässigkeit festgestellt werden. Diese sind tiefgründig und weisen vorzügliche Anbaueigenschaften auf.

Nicht nur die Mächtigkeit der humusreichen Oberbodenschicht, sondern vor allem diejenige des verwitterten und somit für Pflanzenwurzeln erschliessbaren Unterbodens zeichnen die hohe Fruchtbarkeit dieser Böden aus.

Diese finden sich vor allem in der klimatisch und topographisch bevorzugten Lage des schweizerischen Mittellandes und der grösseren Talebenen der übrigen Schweiz, also in Gebieten, wo die Bautätigkeit und die damit verbundene Gefährdung der Böden am meisten aufeinandertrifft.

A-Horizont (Oberboden):
Belebter, humusreicher, dunkel gefärbter und meist intensiv durchwurzelter Oberboden. In ackerbaulich genutzten Böden meist identisch mit der Bearbeitungstiefe (ca. 30 cm).

B-Horizont (Unterboden):
Unterboden/Übergangsschicht aus verwittertem Ausgangsmaterial mit der jeweils typischen Gefügestruktur (Aggregierung) und meist gut sichtbaren Spuren biologischer Aktivität (Wurzeln, Wurmröhren). Diese Schicht fehlt in wenig entwickelten Böden oder ist nur sehr schwach ausgebildet.

C-Horizont (Ausgangsmaterial):
Unverwittertes Ausgangsmaterial wie Lockersedimente oder Fels. Nicht oder nur spärlich durchwurzelt, oft verbunden mit deutlich dichter Lagerung.



Abb. 4
Schematische Darstellung des Bodenaufbaus

6. Formation du sol, horizons

De manière schématique, un sol évolué comprend trois horizons (figure 4). La division verticale du profil en trois horizons est une simplification grossière de la réalité pédologique. Elle est en fait seulement valable pour des sols évolués et normalement perméables. Ces derniers sont profonds, fertiles et aptes à tout type de culture.

L'épaisseur de l'horizon de surface, riche en humus, ne compte pas seulement dans la fertilité de ces sols, celle de l'horizon sous-jacent altéré et de ce fait prospectable par les racines, revêt une toute aussi grande importance.

Ce type de sol se trouve avant tout dans les situations topographiques et climatiques modérées du Plateau suisse ou des plaines des grandes vallées du pays, or, ce sont précisément aussi dans ces régions que s'exercent les activités de construction qui menacent le sol.

Horizon A (couche supérieure):
Horizon de surface, riche en humus, de couleur sombre, généralement densément colonisé par les racines. Correspond dans les sols cultivés à la profondeur de labour (environ 30 cm).

Horizon B (sous-sol):
Horizon de transition issu de l'altération de la roche mère, structuré (en aggrégats) avec des traces ostensibles d'activité biologique (racines, galeries de vers de terre). Cet horizon fait défaut ou n'est que faiblement développé dans les sols peu évolués.

Horizon C (roche-mère):
Roche-mère non-altérée telle que sédiments meubles ou roches. Pas ou très peu colonisée par les racines et la faune du sol, souvent plus compacte que les horizons précédents.

Fig. 4
Représentation schématique d'un profil de sol

7. Bodentyp

Aufgrund seiner Entstehungsgeschichte zeigt sich der Aufbau des Bodens in der Realität in verschiedenen Bodentypen [6]. Abbildung 5 zeigt eine Auswahl typischer Böden [10]. Bezüglich des Wasserhaushalts wird zwischen folgenden Bodentypen unterschieden [9]:

- Durchlässige Böden mit Wasserdurchlässigkeit/ k-Wert $\geq 1,2 \times 10^{-4} \text{cm/s} = 4,32 \text{ mm/h} = 10 \text{ cm/d}$: Alle Rohböden auf durchlässiger Unterlage (Regosole) sowie Braunerden, Parabraunerden und Podsole.
- Staunasse Böden (Pseudogley): Reduzierte Durchlässigkeit oder undurchlässig, meist sehr dicht gelagert, mit typischen Spuren von Wechsellage (Rostflecken oder Mangankonkretionen).
- Grund- oder hangnasse Böden (Gley): Periodisch oder dauernd unter Fremdwassereinfluss stehend.
- Organische Nassböden (Moorböden): Aus nicht abgebautem organischem Material (Torf).
- Überflutete Böden (Aueböden).

8. Bodenart (Körnung der Feinerde)

Die Bodenart bezieht sich auf die Zusammensetzung der Feinerde (Korndurchmesser $\leq 2 \text{ mm}$) und wird durch das Ausgangsmaterial geprägt (Tabelle 1).

Tab. 1
Hauptfraktionen der Feinerde

Bereich	Korndurchmesser <i>diamètre particulaire</i>	Fraction
Ton (T)	$< 0,002 \text{ mm}$	argile (A)
Schluff (U)	$0,002\text{--}0,05 \text{ mm}$	silt (U)
Sand (S)	$0,05\text{--}2,0 \text{ mm}$	sable (S)

7. Types de sol

Suivant les conditions prévalant à sa formation, le sol se présente sous différentes formes [6]. La figure 5 présente une série de sols caractéristiques [10]. Sur la base du régime hydrique des sols, on distingue les types suivants [9]:

- Les sols normalement perméables (perméabilité: $K \geq 1,2 \times 10^{-4} \text{cm/s} = 4,32 \text{ mm/h} = 10 \text{ cm/jour}$): qui regroupent tous les sols bruts sur des matériaux perméables (Regosol) ainsi que les sols bruns, les bruns lessivés et les podzols.
- Les sols à nappe perchée (Pseudogley): à perméabilité réduite ou imperméables, souvent très compactes, avec des signes caractéristiques d’humidité variable (taches de rouille ou/et concrétions ferro-manganiques).
- Les sols influencés par des eaux souterraines ou de pente (Gley): engorgés périodiquement ou de manière prolongée.
- Les sols organiques humides (sols tourbeux): composés de matière organique non décomposée (tourbe).
- Les sols inondés (sols alluviaux).

8. Texture du sol (granulométrie de la fraction fine)

La texture du sol fait référence à la granulométrie de sa fraction minérale fine (diamètre particulaire $\leq 2 \text{ mm}$). Elle est influencée par les caractéristiques de la roche-mère (tableau 1).

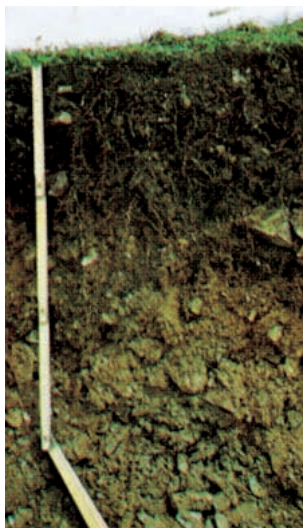
Tab. 1
Fractions granulométriques principales



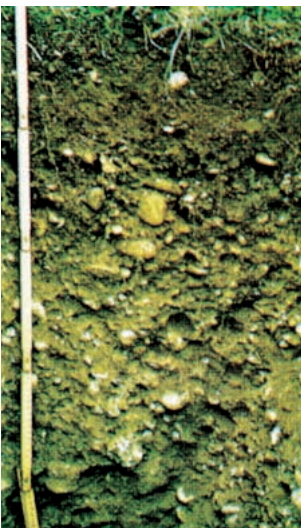
Mergelrendzina
Rendzine marneuse



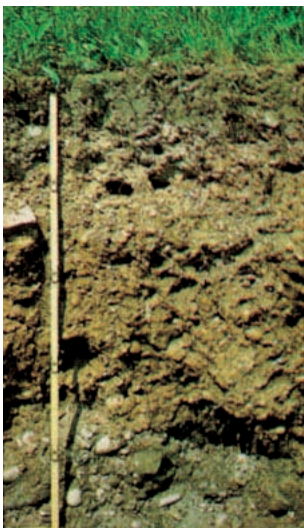
Podsol
Podzol



Braunpodsol
Sol ocre podzolique



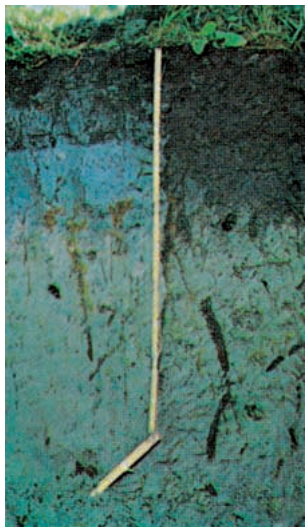
Kalkbraunerde
Sol brun calcaire



Parabraunerde
Sol brun lessivé



Braunerde
Terre brune



Flachmoor
Sol organique



Aueboden
Sol alluvial



Gley
Gley



Pseudogley
Pseudogley



Kalksteinrendzina
Rendzine calcaire



Pararendzina
Rendzine mixte

Abb. 5
Wichtigste Bodentypen der Schweiz [10]

Fig. 5
Types de sols les plus importants en Suisse [10]

Die Bezeichnung erfolgt aufgrund der dominanten Fein-
erdefraktion [9] (Abbildung 6, Tabelle 2).

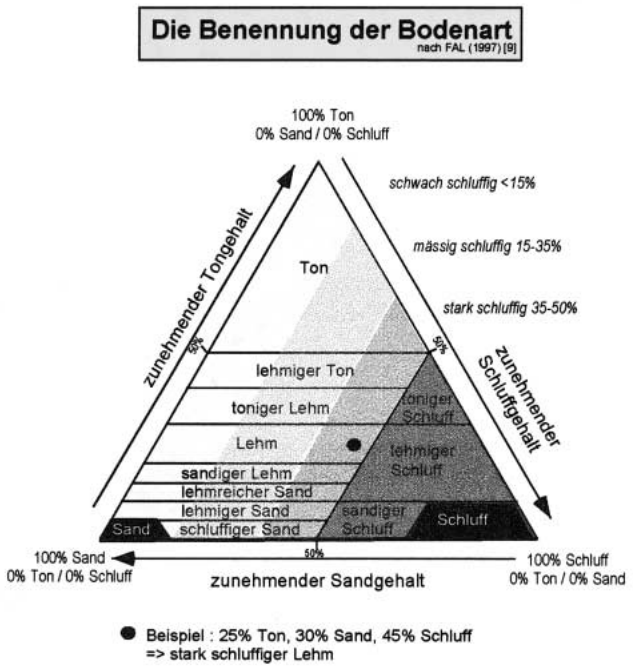


Abb. 6
Das Körnungsdreieck zur Benennung der Bodenart

Sa caractérisation se base sur la fraction granulométrique dominante de la terre fine [9] (figure 6, tableau 2).

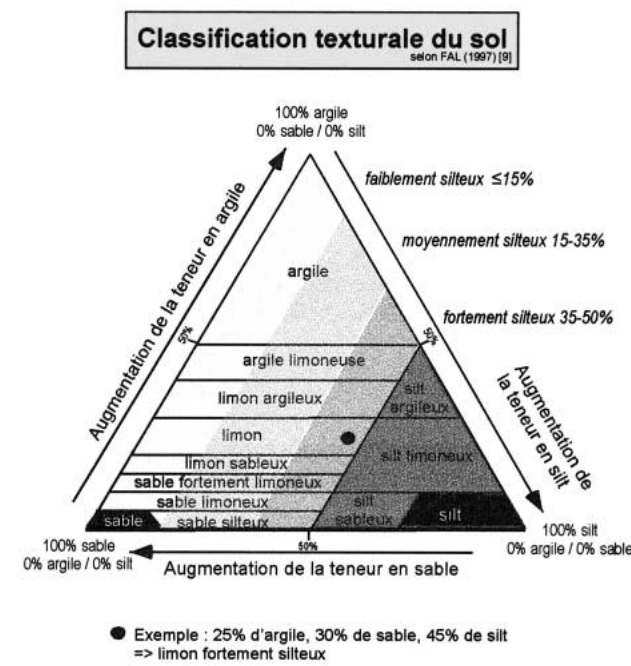


Fig. 6
Triangle des textures pour déterminer la classe texturale d'un sol

Tab. 2
Körnungsklassen

Kategorie	Ton (%) argile (%)	Schluff (%) silt (%)	Catégorie
Leichte Böden:			sols sableux légers:
Sand	< 5	< 15	sable
schluffiger Sand	< 5	15–50	sable silteux
lehmiger Sand	5–10	< 50	sable limoneux
lehmreicher Sand	10–15	< 50	limon sableux léger
Mittelschwere, lehmige Böden:			sols limoneux moyens:
sandiger Lehm	15–20	< 50	limon sableux moyen
Lehm	20–30	< 50	limon
Mittelschwere, schluffige Böden:			sols silteux moyens
sandiger Schluff	< 10	50–70	silt
lehmiger Schluff	10–30	> 50	silt sableux
Schluff	< 10	> 70	silt limoneux
Schwere, tonige Böden:			sols argileux lourds:
toniger Schluff	30–50	> 50	silt argileux
toniger Lehm	30–40	< 50	limon argileux
lehmiger Ton	40–50	< 50	argile limoneuse
Ton	> 50	< 50	argile

Tab. 2
Classes de texture

9. Bodenskelett

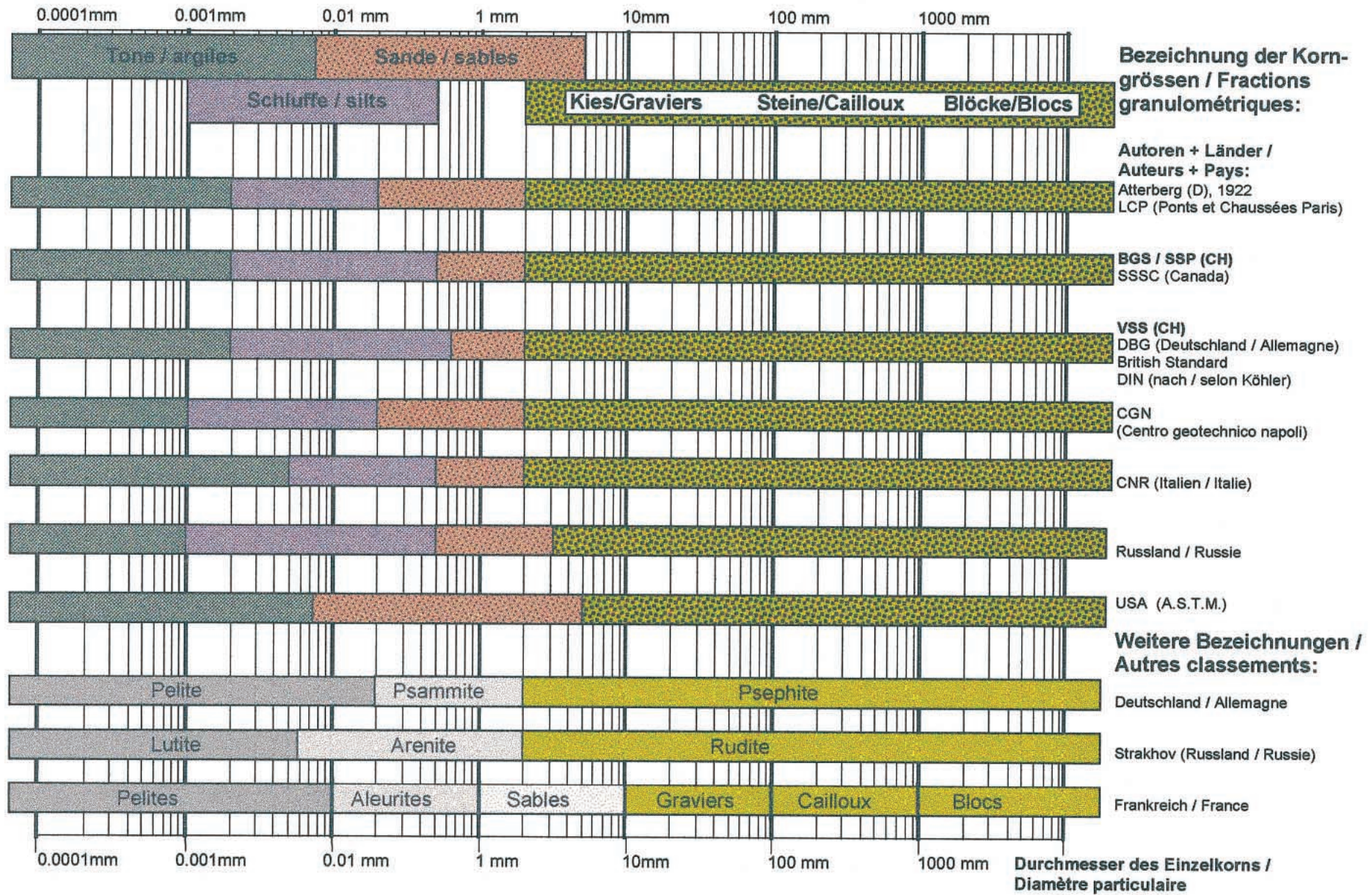
Alle mineralischen Teile des Bodens mit mehr als 2 mm Korndurchmesser werden als Skelett (Kies, Steine, Blöcke) bezeichnet (Tabellen 3 und 4). Diese Abgrenzung gilt auch international, ausgenommen die USA und Russland (Abbildung 7).

9. Pierrosité du sol

Sous la dénomination de pierrosité, on regroupe toutes les fractions minérales du sol dont le diamètre particulaire est supérieur à 2 mm (graviers, cailloux, blocs) (tableaux 3 et 4). Cette limite de classification est appliquée dans le monde entier, à l'exception des Etats-Unis et de la Russie (figure 7).

Abb. 7
Bezeichnung der Korngrößen

Fig. 7
Fractions granulométriques



Tab. 3
Fraktionen des Bodenskelettes

Einteilung nach Korngrösse	Ø pedologisch/ pédologique [9]	Ø geotechnisch/ géotechnique [4]	Fraction granulométrique
<i>Feinskelett</i>			<i>pierrosité fine</i>
Feinkies Grobkies	0,2–2 cm 2–5 cm	0,2–2 cm 2–6,3 cm	graviers fins graviers grossiers
<i>Grobskelett</i>			<i>pierrosité grossière</i>
Steine Blöcke	5–20 cm > 20 cm	6,3–20 cm > 20 cm	cailloux blocs

Tab. 3
Pierrosité du sol

Tab. 4
Bodenkundliche Codierung des Skelettgehalts

Code	Bezeichnung		Vol.-%	Code	Classification
	<i>Skelettfreie und -arme Böden</i>	<i>skf, ska</i>			<i>sols non ou peu pierreux</i>
0	skelettfrei/skelettarm	skf, ska	< 5	0	non pierreux, peu pierreux
	<i>Schwach skeletthaltige Böden</i>	<i>sskh</i>			<i>sols faiblement pierreux</i>
1	schwach skeletthaltig	sskh	5–10	1	faiblement pierreux
	<i>Skeletthaltige Böden</i>	<i>skh</i>			<i>sols pierreux</i>
2*	kieshaltig	kh	10–20	2*	graveleux
3	steinhaltig	sh	10–20	3	caillouteux
	<i>Stark skeletthaltige Böden</i>	<i>stskh</i>			<i>sols très pierreux</i>
4*	stark kieshaltig	stkh	20–30	4*	très graveleux
5	stark steinhaltig	stsh	20–30	5	très caillouteux
	<i>Skelettreiche Böden</i>	<i>skr</i>			<i>sols riches en pierres</i>
6*	kiesreich	kr	30–50	6*	riches en graviers
7	steinreich	sr	30–50	7	riches en cailloux
	<i>Extrem skelettreiche Böden</i>	<i>eskr</i>			<i>sols extrêmement pierreux</i>
8*	Kies		> 50	8*	avec des graviers
9	Geröll, Blöcke		> 50	9	avec des galets, blocs

* ≤ 1/3 des Grobskeletts mit Ø > 5 cm

* ≤ 1/3 de la pierrosité grossière Ø > 5 cm

C. Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 034a Geotechnische Signaturen
- [2] SN 640 582 Erdbau, Boden: Erfassung des Ausgangszustandes, Triage des Bodenaushubes
- [3] SN 640 583 Erdbau, Boden: Eingriff in den Boden, Zwischenlagerung, Schutzmassnahmen, Wiederherstellung und Abnahme
- [4] SN 670 009 Geologische Terminologie der Lockergesteine
- [5] SN 670 010a Bodenkennziffern
- [6] Forschungsbericht zum Forschungsauftrag Nr. 28/94 «Umgang mit Boden beim Tiefbau», Ch. Salm, 1999
- [7] Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 (rev. Juli 1997), SR 814.01
- [8] Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo), 1. Juli 1998, SR 814.12
- [9] Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, «Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden», Schriftenreihe der FAL 24, Zürich-Reckenholz, 1997
- [10] Kali AG, Bern

C. Bibliographie

- [1] SN 640 034a Signes conventionnels géotechniques
- [2] SN 640 582 Terrassement, sol: Inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés
- [3] SN 640 583 Terrassement, sol: Emprises, stockage intermédiaire, mesures de protection, remise en place et restitution
- [4] SN 670 009 Terminologie géologique des sols
- [5] SN 670 010a Coefficients caractéristiques de sols
- [6] Rapport de recherche concernant le mandat de recherche no 28/94 «Manipulation des sols dans le génie civil», Ch. Salm, 1999
- [7] Loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (rev. juillet 1997), RS 814.01
- [8] Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol), 1998, RS 814.12
- [9] Cahier de la FAL 24, «Cartographie et estimation des sols agricoles», Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zurich-Reckenholz, 1997
- [10] Potasse SA, Berne