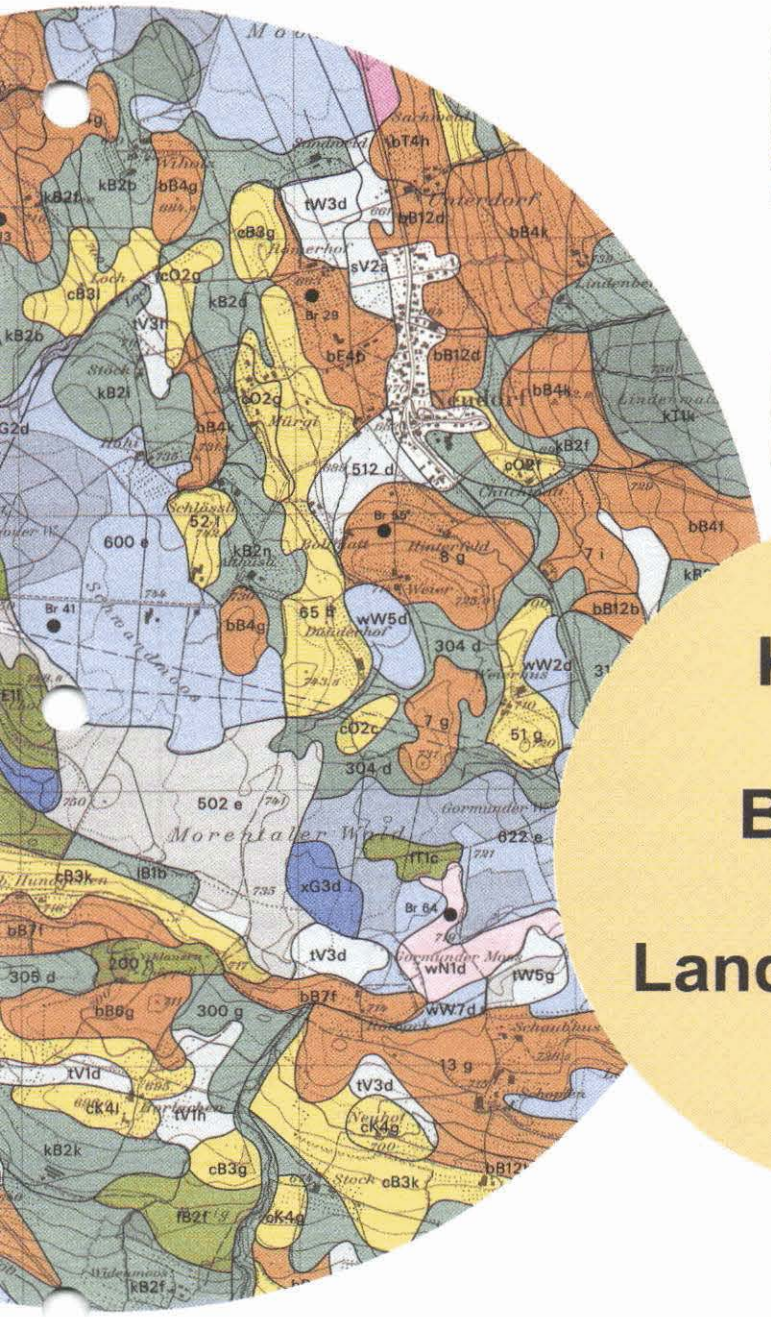


FAL Zürich-Reckenholz
Liebefeld-Bern

Kartieranleitung
Manuel de cartographie

Kartieren und Beurteilen von Landwirtschafts-böden

Cartographie et estimation des sols agricoles

Autorenteam:
Équipe des auteurs:
Johann Brunner
Friedrich Jäggli
Jakob Nievergelt
Karl Peyer

Bezugsquelle
A commander auprès de

Eidgenössische Forschungsanstalt
für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz
Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zurich-Reckenholz

Dank:
Für die wertvollen Beiträge danken wir allen Mitarbeitern des Bodenkartierungsteams der FAL, insbesondere Rudolf Hanic, Alex Lehmann, Albert Pazeller, Milan Petrasek, Peter Schwab, Peter Weisskopf und Urs Zihlmann

Impressum:

ISSN 1421-4393 Schriftenreihe der FAL
ISBN 3-905608-14-8

Herausgeber: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL
Zürich-Reckenholz, CH-8046 Zürich

Redaktion: Marianne Bodenmann, Albrecht Siegenthaler

Gestaltung: Elsbeth Plüss, Katrin Zangger

Preis Fr. 50.-- inkl. Mwst.

© by FAL, 1997

VORWORT

Die vorliegende Bodenkartieranleitung basiert auf methodischen Ansätzen, die Erwin Frei, ehemaliger Leiter der Bodenkartierung an der Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau (FAP), Zürich-Reckenholz (früher Eidgenössische landwirtschaftliche Versuchsanstalt Oerlikon) zusammen mit Mitarbeitern publizierte. Mit der Intensivierung der bodenkundlichen Untersuchungen an der FAP Reckenholz wurden in der Folge hausintern mehrere Auflagen einer Bodenkartieranleitung, verknüpft mit einer Bodenklassifikation, erarbeitet.

Das wachsende Interesse an der Bodenuntersuchung und -kartierung in den 80iger Jahren, vor allem auch im Zusammenhang mit Bodenbewertung und -melioration sowie mit Bodenschutzfragen, führte zum Bedürfnis der besseren allgemeinen Zugänglichkeit der Bodenkartier-Methoden der FAP. So wurde 1992 die „Klassifikation der Böden der Schweiz" veröffentlicht.

Seit Beginn des Jahres 1996 ist unsere Forschungsanstalt umstrukturiert. Aus der FAP wurde die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) mit veränderten Aufgaben. Die Bodenkartierung wurde privatisiert / kantonalisiert.

Diese Veränderungen veranlassten uns, die nun vorliegende Schrift „Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden" auszuarbeiten und damit allen Interessierten zur Verfügung zu stellen. Die Schrift dokumentiert aber auch das Interesse des Bundes daran, dass in Zukunft Bodenkarten in der Schweiz nach einheitlichen, bewährten Methoden hergestellt und für praktische Belange in Landwirtschaft und Agrarökologie ausgewertet werden. Analoge Grundlagen für die Waldbodenkartierung wurden im Januar 1996 von der FAL in der Schriftenreihe „Vollzug Umwelt" des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft deutsch und französisch publiziert.

Die Bodenkartieranleitung richtet sich in erster Linie an kantonale Bodenfachstellen und private Ingenieur-Büros, die sich mit Boden- und Standort-Untersuchungen befassen. Dieselben Stellen und weitere Kreise sind angesprochen, wenn es um die Auswertung solcher Untersuchungen für Fragen in Planung, Umweltschutz usw. geht. Die Leserinnen und Leser finden in der Kartieranleitung eine Darstellung der aktuellen Methoden in den Bereichen „Untersuchungen am Bodenprofil und am Standort", „Bodenkartierung" und „Standortbeurteilung durch Interpretation von Bodenkarten".

Zum Abschluss danken wir den Fachleuten von kantonalen Ämtern, Universitäten und privaten Ingenieurbüros, die mit vielen Anregungen und kritischen Bemerkungen die Qualität der vorliegenden Publikation gefördert haben.

Eidgenössische Forschungsanstalt für
Agrarökologie und Landbau
Zürich - Reckenholz

A. Brönnimann

Zürich, 5. Mai 1997

Alfred Brönnimann, Direktor

Inhaltsverzeichnis, Zusammenfassung, Résumé

Einleitung

Bodenprofil und Profilblatt

Untersuchungen am Profil

Angaben zu Standort und Nutzung

Bodenbezeichnung (Klassifikation)

Projektvorbereitung

Feldarbeiten

Darstellung der Ergebnisse

Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung

Beurteilung des Risikos für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen

Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden

Verzeichnisse

Anhänge

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung **5**
Résumé **7**

1 Einleitung **1.1–1**
1.1 Ziel und Aufbau der Kartieranleitung 1.1–1
1.2 Inhalt und Anwendung der Bodenkarte 1.2–1

Teil I UNTERSUCHUNGEN AM BODENPROFIL UND AM STANDORT

2 Bodenprofil und Profilblatt **2.1–1**
2.1 Das Bodenprofil 2.1–1
2.2 Profilblatt und Profilbeschreibung 2.2–1
2.3 Identifikation des Profils 2.3–1
2.3.1 Situation, Topographie und Geologie 2.3–1
2.3.2 Titeldaten 2.3–1

3 Untersuchungen am Profil **3.1–1**
3.1 Bodenhorizonte 3.1–1
3.1.1 Horizontnummer, Horizonttiefe und Horizontbegrenzung 3.1–1
3.1.2 Haupthorizonte und ihre Bezeichnung 3.1–2
3.2 Profilskizze und Signaturen 3.2–1
3.3 Gefüge 3.3–1
3.3.1 Gefügeformen 3.3–1
3.3.2 Gefügeansprache 3.3–2
3.4 Organische Substanz 3.4–1
3.5 Feinerde 3.5–1
3.5.1 Feinerdefraktionen 3.5–1
3.5.2 Feinerdekörnung, Bodenart 3.5–1
3.5.3 Bestimmung der Feinerdekörnung mit der Fühlprobe 3.5–3
3.6 Bodenskelett 3.6–1
3.7 Karbonatgehalt 3.7–1
3.8 pH-Wert 3.8–1
3.9 Farbe 3.9–1
3.10 Entnahme von Bodenproben 3.10–1

4 Angaben zu Standort und Nutzung 4.1–1
4.1 Allgemeine Standortdaten 4.1–1
4.1.1 Höhe und Exposition 4.1–1
4.1.2 Klima 4.1–1
4.1.3 Nutzung, Vegetation 4.1–2
4.1.4 Ausgangsmaterial 4.1–2
4.1.5 Landschaftselement 4.1–3
4.1.6 Nutzungsgebiet 4.1–5
4.2 Nutzungsbeschränkungen und Meliorationen 4.2–1
4.2.1 Krumenzustand 4.2–1
4.2.2 Limitierende Merkmale 4.2–1
4.2.3 Nutzungsbeschränkungen 4.2–2
4.2.4 Meliorationen 4.2–2
4.2.5 Düngereinsatz 4.2–3
4.3 Bewertung / Eignung 4.3–1

5 Bodenbezeichnung (Klassifikation) 5.1–1
5.1 Bodentypen 5.1–1
5.2 Untertypen 5.2–1
5.3 Wasserhaushalt / Pflanzennutzbare Gründigkeit 5.3–1
5.3.1 Art und Grad der Vernässung 5.3–1
5.3.2 Pflanzennutzbare Gründigkeit und Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser 5.3–2
5.3.3 Bodenwasserhaushaltsgruppen 5.3–3

Teil II BODENKARTIERUNG

6 Projektvorbereitung 6.1–1
6.1 Projektformulierung und -planung 6.1–1
6.2 Grundlagenbeschaffung 6.2–1
6.3 Übersichtsbegehung 6.3–1
6.4 Luftbildauswertung 6.4–1

7 Feldarbeiten 7.1–1
7.1 Erhebung des Bodeninventars 7.1–1
7.1.1 Bodenprofile 7.1–1
7.1.2 Bohrungen 7.1–2
7.2 Arbeitslegende (Kartierschlüssel) 7.2–1
7.2.1 Codierung der Arbeitslegende 7.2–2
7.2.2 Bodenkartei 7.2–4

7.3 Kartierarbeit 7.3–1
7.3.1 Grundlegende Begriffe 7.3–1
7.3.2 Arbeitsunterlagen und Arbeitsgeräte 7.3–2
7.3.3 Die Feldkarte 7.3–3
7.3.4 Flächenkartierung 7.3–3
7.3.5 Variabilität von Boden- und Geländeform 7.3–5

8 Darstellung der Ergebnisse 8.1–1
8.1 Bereinigung von Arbeitslegende und Feldkarte 8.1–1
8.2 Bodenkartencode 8.2–1
8.3 Bodenkartenlegende 8.3–1
8.4 Kartenherstellung 8.4–1
8.4.1 Farbgebung 8.4–1
8.4.2 Konventionelle Kartenherstellung 8.4–1
8.4.3 EDV in der Bodenkartenherstellung 8.4–1
8.5 Auswertung von Bodenkarten 8.5–1
8.6 Erläuterungsbericht 8.6–1

Teil III STANDORTBEURTEILUNG DURCH INTERPRETATION VON BODENKARTEN

9 Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung 9.1–1
9.1 Einleitung 9.1–1
9.2 Grundlagen zur Beurteilung der Nutzungseignung 9.2–1
9.2.1 Kriterien der Standortbeurteilung 9.2–1
9.2.2 Einteilung der Schweiz in sechs Nutzungsgebiete aufgrund der klimatischen Bedingungen 9.2–1
9.2.3 Umschreibung der zehn Eignungsklassen (Kurzform) 9.2–4
9.2.4 Wechselwirkungen von mehreren Standortmerkmalen 9.2–5
9.3 Standorteigenschaften und landwirtschaftliche Nutzungseignung 9.3–1
9.3.1 Rahmen für die Beziehungen zwischen den wichtigsten Bodenmerkmalen und den Eignungsklassen: Übersicht für die Nutzungsgebiete 1 bis 4 ..... 9.3–1
9.3.2 Umschreibung der zehn Eignungsklassen aufgrund der Standorteigenschaften 9.3–6
9.3.3 Zuordnungsschlüssel zur Ermittlung der Eignungsklassen in den Nutzungsgebieten 1 bis 4 ..... 9.3–10
9.4 Berücksichtigung von Wechselwirkungen 9.4–1
9.4.1 Wechselwirkungen zwischen Wasserhaushalt und Hangneigung in den Nutzungsgebieten 1 bis 4 ..... 9.4–1
9.4.2 Weitere Wechselwirkungen 9.4–6

10 Beurteilung des Risikos für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen 10.1–1

10.1 Die Risikokarte - ein Hilfsmittel 10.1–1

10.1.1 Ziel der Risikokarte 10.1–1

10.1.2 Einflussgrössen für Nährstoffverluste 10.1–1

10.1.3 Risikostufen 10.1–3

10.1.4 Risikostufen und Klima 10.1–5

10.1.5 Zuordnung der Risikostufen zu den Standortmerkmalen 10.1–5

10.2 Merkblätter als Ergänzung zur Risikokarte 10.2–1

11 Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden 11.1–1

11.1 Allgemeines 11.1–1

11.2 Fruchtbarkeitsstufen als Grundlage der Bewertung 11.2–1

11.3 Bodenbewertung in einzelnen Schritten 11.3–1

11.3.1 Übersicht 11.3–1

11.3.2 Bewertung der pflanzennutzbaren Gründigkeit von normal durchlässigen Böden 11.3–3

11.3.3 Bewertung von Böden mit Fremd- oder Stauwasser 11.3–4

11.3.4 Bewertung der Feinerde, des Skelettgehaltes sowie des Gefüges und des Säuregrades in der Ackerkrume 11.3–5

11.3.5 Bewertung der Hangneigung und Oberflächengestalt 11.3–6

11.3.6 Bewertung des Klimaeinflusses 11.3–8

Verzeichnisse

Literaturverzeichnis .....

Verzeichnis der Abbildungen .....

Verzeichnis der Tabellen .....

Anhänge .....

Anhang 1 - Beispiel zur Standortbeurteilung durch Interpretation von Standorteigenschaften ...

Anhang 2 - Erläuterung der Zuordnung der Risikostufen zu den Standortmerkmalen .....

Anhang 3 - Ausgestaltung der Risikokarte zum praktischen Gebrauch .....

Anhang 4 - Farbskalen zur Kartendarstellung .....

Anhang 5 - Hangneigung, Mechanisierung und Nutzungseignung .....

Anhang 6 - Vom „Reinen Bodenwert“ zum „Bonitierungswert“ .....

Anhang 7 - Glossar .....

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Schrift „Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden" stellt den heutigen Stand einer 30 jährigen Methodenentwicklung zur Bodenkartierung in der Schweiz dar. Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich-Reckenholz, schafft damit Voraussetzungen für ein einheitliches Vorgehen beim Kartieren der Landwirtschaftsböden und bei der Kartenauswertung für praktische landbauliche Zwecke, nachdem diese Art von Standortserforschung privatisiert worden ist.

Entsprechend dem Ablauf eines Kartierungsprojektes ist das Dokument dreigeteilt:

Teil I: Untersuchungen am Bodenprofil und am Standort

Bevor die flächenhafte Verbreitung der unterschiedlich ausgeprägten Böden untersucht und schliesslich als Bodenkarte dargestellt werden kann, sind repräsentative punktförmige Untersuchungen des Bodens im Gelände nötig (Standard- oder Referenzprofile). Methoden zur Beschreibung des Standortes (Situation/Topographie, Klima, Geologie, Vegetation) und zur Analyse des Bodenprofils sind aufgeführt. Wo nötig wird auf weiterführende Fachliteratur verwiesen. Wesentlich ist die Erfassung der Horizontmerkmale bezüglich der Textur- und Gefügeklassen, des Chemismus sowie der Profilmerkmale Wasser- und Lufthaushalt und der pflanzennutzbaren Gründigkeit. Die morphologische Kennzeichnung des Profils mit Symbolen, Signaturen und Farbcodes wird beschrieben.

In Beispielen wird gezeigt, wie solche Daten in übersichtlicher und EDV-kompatibler Struktur erfasst werden können. Dabei kommt ein Datenschlüssel und ein Formblatt zur Anwendung, die von der FAL entwickelt wurden. Der Datenschlüssel schafft die nötige Verbindung zur Klassifikation des untersuchten Bodenprofils.

Die Methoden zur profilumfassenden Bodenklassifikation und -nomenklatur werden nur in den Grundzügen dargelegt. Es wird auf das 1992 publizierte Dokument „Klassifikation der Böden der Schweiz" verwiesen. Zusätzlich werden hier jedoch die „Bodenwasserhaushaltsgruppen" als Zusammenfassung der beiden Merkmale „Wasserhaushalt" und „Pflanzennutzbare Gründigkeit" definiert. Diese Gruppen bilden die Grundlage für eine anwenderfreundliche Interpretation der Bodenkarten im Hinblick auf pflanzenbauliche und ökologische Fragen. Als Ergänzung wird eine präzisierende Definition der verschiedenen Untertypen mit Fremd- oder Stauwasser aufgrund morphologischer Vernässungsmerkmale angegeben. Sie dient der gegenseitigen Abgrenzung der Wasserhaushaltsgruppen. Für praktische Empfehlungen zum bodenschonenden Anbau und zu Bodenmeliorationen ist eine Interpretation aufgrund des Untertyps angebracht.

Teil II: Bodenkartierung

Es werden die Methoden zum flächenmässigen Erheben der vielfältigen Böden im Gelände beschrieben, also zur Bodenkartierung im engeren Sinn. Hier ist eine wesentliche Methodenentwicklung im Gang mit dem Ziel, die zeit- und kostenaufwendige Feldarbeit zu reduzieren, ohne Aussagegenauigkeit einzubüssen.

Detaillierte Angaben über Hilfsmittel und Verfahren, die in der Projektvorbereitungsphase bereits zu sogenannten Konzept-Bodenkarten führen, werden dargelegt. Im Vordergrund stehen die Verwendung geeigneter, aktueller Grundlagendaten zu Klima, Geologie, Vegetation und Relief sowie die Benützung von Luftphotos. Einzelheiten zum Vorgehen der Kartierung

des Bodens in verschiedensten Projekten, wie zum Beispiel Detailkartierungen mit Darstellungsmassstab 1:5'000 oder halbdetaillierte Kartierungen für Landeskartenblätter im Massstab 1:25'000, werden aufgeführt und diskutiert. Dabei zeigt es sich, dass die Methodik der Kartierarbeit im Gelände nicht ganz einfach zu beschreiben ist. Wenn trotz meist grosser Bodenheterogenität gute Kartierarbeit erreicht werden will, braucht es nebst guten bodenkundlichen Kenntnissen auch genügend Kartiererfahrung.

In Ergänzung zu sorgfältiger und rationeller Geländearbeit kann das genannte Ziel auch mit leistungsfähigen Kartendarstellungsmethoden erreicht werden. Auf Weiterentwicklungen wird hingewiesen, vor allem auf dem Gebiet der automatischen Kartenerfassungs- und Druckverfahren, die auf geographischen Informationssystemen (GIS) basieren.

Teil III: Standortbeurteilung durch Interpretation von Bodenkarten

Dieser Teil beschreibt Anwendungen der Bodenkarten zur Lösung praktischer Landnutzungsprobleme. Im Vordergrund stehen die Beurteilung der landbaulichen Nutzungseignung, des Risikos für Sicker- und Abschwemmverluste von Nährstoffen und der Landbewertung. Die wichtigsten, an der FAL entwickelten und verbreitet angewendeten Verfahren werden dargestellt. Es wird auf Wechselwirkungen zwischen zwei verschiedenen Standortsmerkmalen eingegangen. Die vorgestellten Entscheidungstabellen, mit denen im konkreten Fall die zutreffende Eignungsklasse, Risikostufe oder Bodenpunktzahl abgeleitet werden, sind immer als Rahmen zu verstehen. Sie können wohl in häufig vorkommenden Merkmalskombinationen die richtige Interpretation der Bodenkarte ergeben; in Einzelfällen und bei spezieller regionaler Bedingung muss der Kartierer jedoch kleine Anpassungen vornehmen.

RÉSUMÉ

Ce manuel de cartographie et d'estimation des sols agricoles représente l'état actuel d'une méthode de cartographie développée en Suisse depuis une trentaine d'années. La Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture (FAL) fournit ce faisant une marche à suivre devant permettre aux organismes privés chargés désormais des études de sol d'opérer de manière uniforme lors de l'élaboration des cartes des sols agricoles et lors de leur interprétation agronomique.

Les trois parties de ce manuel correspondent aux étapes de tout projet cartographique.

Partie I: étude du profil de sol et de sa station

La recherche de l'extention spatiale des divers sols d'une région et sa représentation finale sous forme d'une carte des sols doit être précédée d'observations ponctuelles à des sites admis comme représentatifs (profils-standards ou de référence). On décrit les méthodes de description du site (situation, topographie, climat, géologie, végétation) et de l'analyse du profil. Le cas échéant, le lecteur est renvoyé à la littérature spécifique. Une importance cruciale est accordée à la saisie des caractéristiques des horizons en ce qui concerne les classes de texture et de structure, le chimisme, ainsi que de celles de l'ensemble du profil pour le régime hydrique, l'aération et la profondeur utile. On décrit la représentation des caractéristiques du profil à l'aide de symboles, pictogrammes et code de couleurs.

Des exemples montrent comment ces informations peuvent être saisies selon une structure à la fois claire et compatible avec un traitement électronique des données. On présente à cet égard une formule ad hoc et une codification des données développées par la FAL. Le code choisi permet de classer et de dénommer le profil examiné. On se limite aux grandes lignes des méthodes de classification et de nomenclature des sols en se référant au document „Klassifikation der Böden der Schweiz" paru en 1992. Seule est rajoutée ici la notion de „catégorie de régime hydrique" combinant les deux caractéristiques „d'économie en eau" et de „profondeur utile". Cette notion est un outil commode pour résoudre des problèmes de production végétale et d'écologie. La distinction des sous-types selon l'eau de fond et l'eau de rétention se révèle particulièrement utile pour étayer des recommandations pratiques ayant surtout trait aux cultures ménageant le sol aux amélioration foncières.

Partie II: cartographie des sols

On décrit les méthodes du relevé régional des sols, c'est-à-dire de la cartographie au sens propre. Des efforts sont actuellement tentés pour réduire, sans perte d'information, la phase d'arpentage longue et coûteuse.

Les méthodes et moyens utilisés lors de la phase préparatoire pour passer aux cartes des sols dites conceptuelles sont présentés en détail: exploitation des données actualisées pertinentes sur le climat, la géologie, la végétation et le relief, emploi des photographies aériennes. On présente et commente par le menu le déroulement des opérations cartographiques dans les projets les plus divers, allant des cartographies de détail au 1:5'000 aux feuilles de la Carte nationale au 1:25'000. On notera ici que la méthode de cartographie de terrain ne se décrit pas de manière simple. Un bon travail de cartographie sur des sols généralement hétérogènes nécessite aussi bien des solides connaissances en pédologie qu'une bonne expérience de cartographe.

Un produit cartographique de qualité peut être obtenu par le recours, en complément aux campagnes de terrain, à des procédés de restitution cartographique basés sur les systèmes d'informations géographiques (SIG).

Partie III: appréciation de la station par interprétation des cartes des sols

Cette partie traite de l'utilisation des cartes des sols pour des questions touchant à l'exploitation des terres: aptitude agricole, risque de pertes de substances nutritives par infiltration et ruissellement, évaluation des terres. On présente les plus importantes méthodes développées et largement utilisées par la FAL. On présente également les interactions entre deux caractéristiques stationnelles. Les tableaux décisionnels destinés à déterminer, dans chaque cas concret, la classe d'aptitude, le degré de risque ou la cote, doivent toujours être pris comme des outils-cadres. Pour les caractéristiques pédologiques combinées usuelles, ces tableaux permettent l'interprétation correcte de la carte des sols; cependant, et dans des conditions régionales particulières, il incombe au cartographe de se livrer à de légers ajustements.

Traduction: Luc-François Bonnard

Einleitung

1.1 Ziel und Aufbau der Kartieranleitung

1.2 Inhalt und Anwendung der Bodenkarte

1 Einleitung

1.1 Ziel und Aufbau der Kartieranleitung

Mit der vorliegenden Publikation wird die an der FAL (vor 1996: FAP) Zürich-Reckenholz entwickelte **Methode** der Bodenkartierung, insbesondere der **Kartierung der landwirtschaftlich genutzten Böden** aufgezeigt. Damit soll ermöglicht werden, dass bei Erhebungen der Bodenverbreitung in der Schweiz nach einheitlichen Kriterien und Richtlinien vorgegangen wird. Dadurch werden Resultate vergleichbar. Zudem soll die praktische Anwendung der Bodenkarte sowie deren besseres Verständnis gefördert werden.

Wie das bereits publizierte „Handbuch Waldbodenkartierung" (BUWAL 1996) ist diese Publikation als Anleitung im Sinne einer Anregung resp. Empfehlung zu verstehen, analog zu ähnlichen Publikationen in Deutschland (Bodenkundliche Kartieranleitung, AG Boden 1994), Frankreich (Cartographies des sols, Legros 1996) oder Österreich (Bodenzustandsinventur, Blum et al. 1989).

Um Kartierungen durchführen zu können, ist neben einer ausführlichen Anleitung auch eine gründliche Ausbildung in Bodenkunde Voraussetzung (siehe Literaturverzeichnis). Zudem ist während einer längeren Einarbeitungszeit die Betreuung durch eine im Kartieren erfahrene Person unerlässlich.

Eine wesentliche Grundlage für die Kartierung von Böden bildet die früher publizierte „Klassifikation der Böden der Schweiz". Diese von der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) gemeinsam mit der FAL (FAP 1992a) veröffentlichte Broschüre ist zum Teil Voraussetzung, z.T. Ergänzung zur vorliegenden Schrift.

Die Bodenkartieranleitung ist in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil wird beschrieben, wie ein Bodenprofil aufgenommen wird. Im zweiten Teil wird die eigentliche Kartierungsmethode von den Projektvorbereitungen bis zur Kartendarstellung dargelegt. Diese beiden Teile haben mehrheitlich allgemeinen Charakter und sind sowohl für Wald- als auch für Feldkartierungen gültig. Der dritte Teil umfasst die Anwendungsmöglichkeiten von Bodenkarten in der Landwirtschaft, inklusive Bodenbewertung.

Die erarbeiteten Grundlagen werden in Ordnerform publiziert, damit zukünftige Änderungen und Ergänzungen jederzeit eingefügt werden können.

1.2 Inhalt und Anwendung der Bodenkarte

Aufgrund seiner natürlichen Eigenschaften als Filter, Puffer, Regenerator und Pflanzenstandort nimmt der Boden im Naturraum eine zentrale Stellung ein. Diesbezüglich ist die Bodenkarte eine wichtige Grundlagenkarte.

Bodenkarten geben Auskunft über die **Bodenverhältnisse** einer bestimmten Region oder Landschaft. Neben wichtigen **Bodeneigenschaften** enthalten sie auch Angaben über das **Ausgangsmaterial** (Muttermaterial, Substrat) und die **Bodenentwicklungsprozesse**.

Die **Anwendungsmöglichkeiten** von Bodenkarten liegen somit in vielen verschiedenen Bereichen:

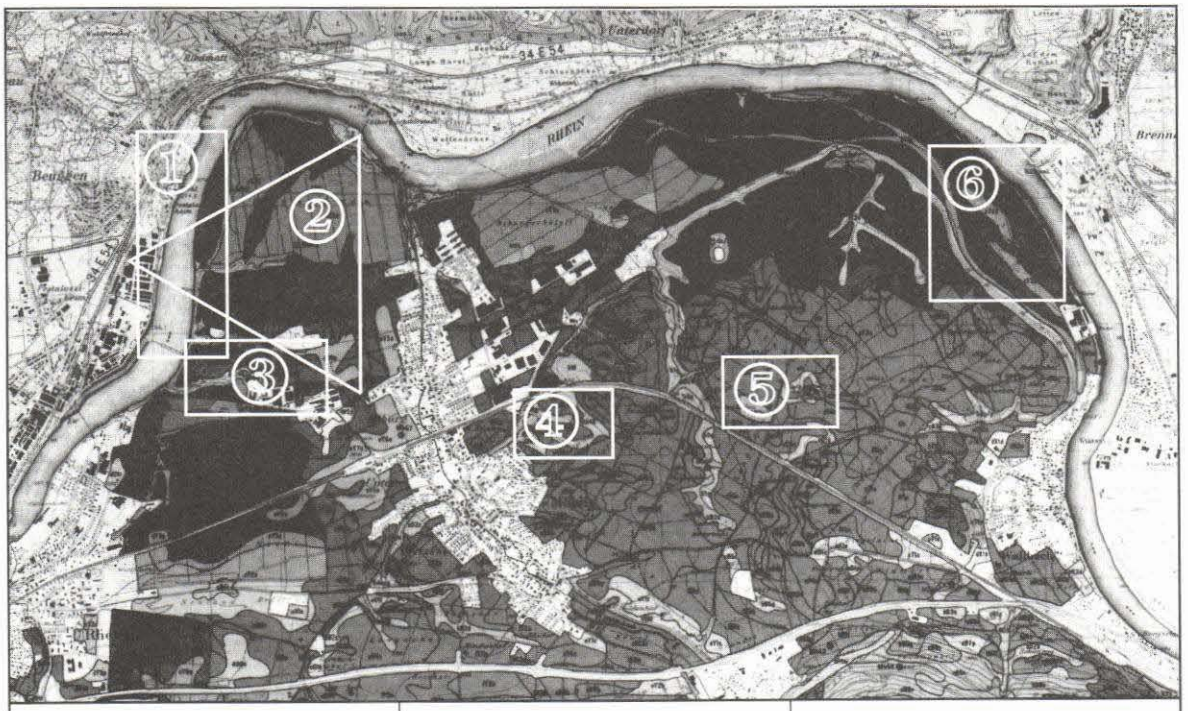
- **Landwirtschaft**: Interpretation hinsichtlich standortgemässer Nutzung, Kulturwahl, Ertragspotential, Anbaurisiko, Bodenverbesserung, Sicker- und Abschwemmverlusten von Nährstoffen, Erosionsrisiko und -schutzmassnahmen, usw.
- **Forstwirtschaft**: Interpretation hinsichtlich standortgemässer Nutzung, Baumartenwahl, Bodenverbesserung, Ertragspotential, usw.
- **Orts- und Regionalplanung**: Grundlage für die Ausscheidung wertvoller und vielseitig nutzbarer Ackerböden (Fruchtfolgeflächen), Nutzungsplanung, usw.
- **Umweltschutz**: Grundlage beim Bodenschutz, beim Gewässerschutz sowie bei der Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen, usw.
- **Erforschung von Naturräumen**: Hilfsmittel in der Bodenkunde selber (Forschung und Lehre) sowie in den Bereichen Botanik (Pflanzensoziologie), Zoologie (Bodenbiologie), Geographie (Geomorphologie, Landschaftsökologie), Geologie, Geotechnik (Baugrundbeschaffenheit, Baustoffbeschaffung), Einsatz von Düngemitteln, Hydrologie, usw.

Je nach **Massstab** ermöglichen die Bodenkarten eine Gebietsübersicht oder geben parzellengenaue Informationen.

Kleinmassstäbliche Karten, wie die „Bodenkarte der Schweiz 1:500'000" (Bundesamt für Landestopographie 1984) und die „Bodeneignungskarte der Schweiz 1:200'000" (Bundesamt für Raumplanung 1980), geben eine Übersicht der Bodenverhältnisse auf nationaler Ebene. Sie dienen überregionalen Fragestellungen. Dargestellt werden keine Einzelböden, sondern ausschliesslich Bodengesellschaften, welche die wesentlichen Eigenschaften der jeweiligen Landschaftstypen bezüglich Ausgangsgestein und Relief widerspiegeln.

Bodenkarten im **mittleren** (halbdetaillierten) **Massstab** 1:25'000 geben Hinweise auf die Bodenbeschaffenheit sowie die land- und forstwirtschaftliche Eignung auf regionaler Ebene. Für eine grundstückbezogene Bodenbeurteilung sind sie zu ungenau. Für raumplanerische und ökologische Fragestellungen, die eine ganze Region betreffen (Abb. 1.2a), sind die Bodenkarten 1:25'000 aber eine wertvolle und notwendige Grundlage (Müller und Zihlmann 1987).

Grossmassstäbliche Karten (Detailkartierungen) 1:1'000 bis 1:10'000 sind für die Beurteilung von Einzelparzellen, zum Beispiel bei Güterzusammenlegungen, Planung von Bodenverbesserungsmassnahmen und Düngemitteleinsatz, sowie für land- und forstwirtschaftliche Betriebsplanungen sowie Düngungsfragen erforderlich. Auch für Umweltverträglichkeitsprüfungen werden in Zukunft vermehrt solche Bodenkarten herangezogen.



① **Kraftwerkbau** Auswirkungen der Flussstauung auf den Bodenwasserhaushalt	③ **Umweltverträglichkeitsprüfung** Bodenqualität, Rekultivierung	⑤ **Naturschutz** Ausscheidung von Schutzgebieten
② **Schadstoffimmissionen** Auswahl der Probenentnahmestellen	④ **Landwirtschaft** Bodenerosionsgefährdung	⑥ **Forstwirtschaft** Bodenversauerung

Abbildung 1.2a. Anwendungsbeispiele, dargestellt an der Bodenkarte 1:25'000, Blatt Rheinfelden (FAP 1993)

Der Massstab bestimmt im wesentlichen die Variationsbreite der auf der Karte ausgeschiedenen Bodeneinheiten und ihre Aussagekraft. Je kleinräumiger die Bodenverhältnisse ändern und je grösser die Unterschiede sind, desto wichtiger ist es für viele nachfolgende Auswertungsarbeiten, dass auch kleinflächig auftretende Böden auskartiert werden. Der gewählte Massstab bestimmt also die spezifischen Anwendungsmöglichkeiten einer Bodenkarte.

Teil I UNTERSUCHUNGEN AM BODENPROFIL UND AM STANDORT

Bodenprofil und Profilblatt

2.1 Das Bodenprofil

2.2 Profilblatt und Profilbeschreibung

2.3 Identifikation des Profils
- 2.3.1 Situation, Topographie und Geologie
- 2.3.2 Titeldaten

Teil I UNTERSUCHUNGEN AM BODENPROFIL UND AM STANDORT

2 Bodenprofil und Profilblatt

Vor einer flächendeckenden Kartierarbeit steht in der Regel das Erstellen eines Bodeninventars (Kap. 7.1) des betreffenden Gebietes, wozu eine angemessene Anzahl Bodenprofile eingehend untersucht wird. An der FAL wird dazu das Formular „Profilblatt" (Abb. 2.2a und Anhang 1) benutzt. In den Kapiteln 2 bis 5 werden die einzelnen Positionen der Bodenprofilaufnahme in der Reihenfolge, wie sie auf dem „Profilblatt" stehen, behandelt.

2.1 Das Bodenprofil

Ein senkrechter Aufschluss durch alle Horizonte des Bodens bis und mit Muttermaterial wird Bodenprofil genannt (Abb. 2.1a). Bodenprofile dienen der detaillierten Aufnahme von Bodenmerkmalen sowie der Beurteilung des Bodens als Pflanzenstandort.

Die Aufgrabung sollte mindestens so tief sein, dass alle für den Aufbau des Bodens und seine Beurteilung als Standortfaktor wichtigen Horizonte untersucht werden können (Abb. 2.1b). Wenn nötig kann der tiefere Untergrund durch Bohrungen in die Grubensohle erfasst werden. Die Grube sollte man mindestens 60 cm breit ausgraben, um bequem darin arbeiten zu können. Die Länge entspricht etwa der 1½fachen Grubentiefe.

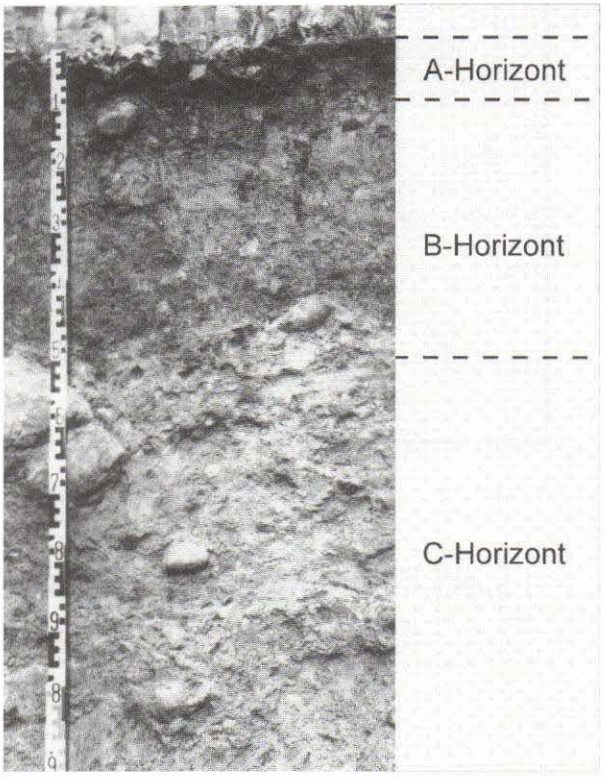


Abbildung 2.1a. Bodenprofil mit Bodenhorizonten

Die Deponie des Ober- und Unterbodens erfolgt getrennt, damit später wieder schichtgerecht zugedeckt werden kann. Die Partie über der Stirnseite der Grube darf bei den Grabarbeiten nicht betreten werden und soll möglichst unberührt bleiben, damit die Untersuchungen und Probenahmen nicht beeinträchtigt werden. Wo möglich, ist das Bodenprofil so zu exponieren, dass während der Untersuchung eine ausreichende Beleuchtung der Stirnwand gewährleistet ist. Am Hang wird die Grube in der Fallrichtung angelegt.

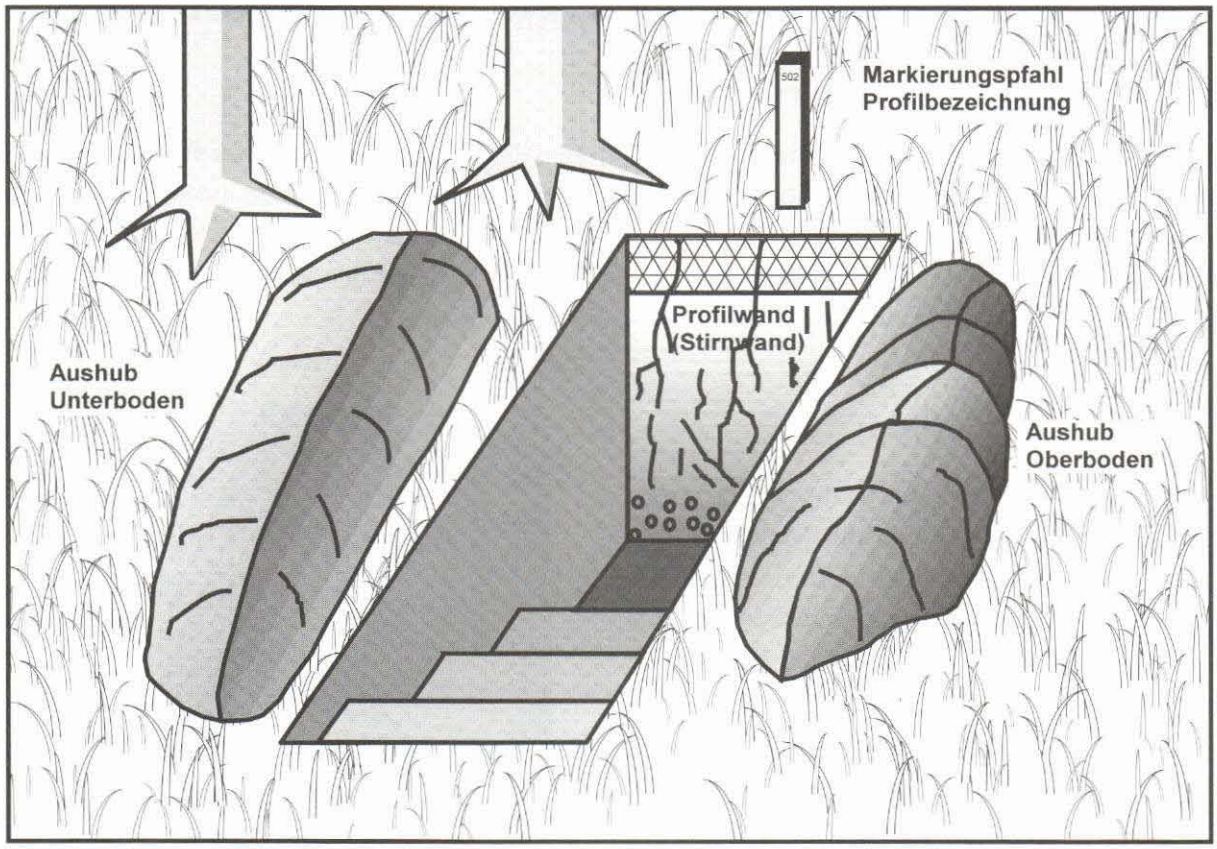


Abbildung 2.1b. Anlage der Profilgrube

Achtung: Profilgruben müssen gesichert werden

- Profil einzäunen
- Einsturzgefahr berücksichtigen

2.2 Profilblatt und Profilbeschreibung

Zur Beschreibung der Bodenprofile dient das Profilblatt als vorgedrucktes Formular. Es enthält mindestens folgende Datengruppen:

- Identifikation der Profilstelle und der Umgebungssituation
- Profilskizze mit den auszuführenden Untersuchungen
- Beurteilung in pedologischer, pflanzenbaulicher und gegebenenfalls pflanzensoziologischer Hinsicht.

Als Vorlage kann das Profilblatt der FAL dienen (Abb. 2.2a und Anhang 1); es kann für Feld- und Waldprofile verwendet werden. Ein Codiersystem erlaubt die EDV-gerechte Speicherung der Resultate.

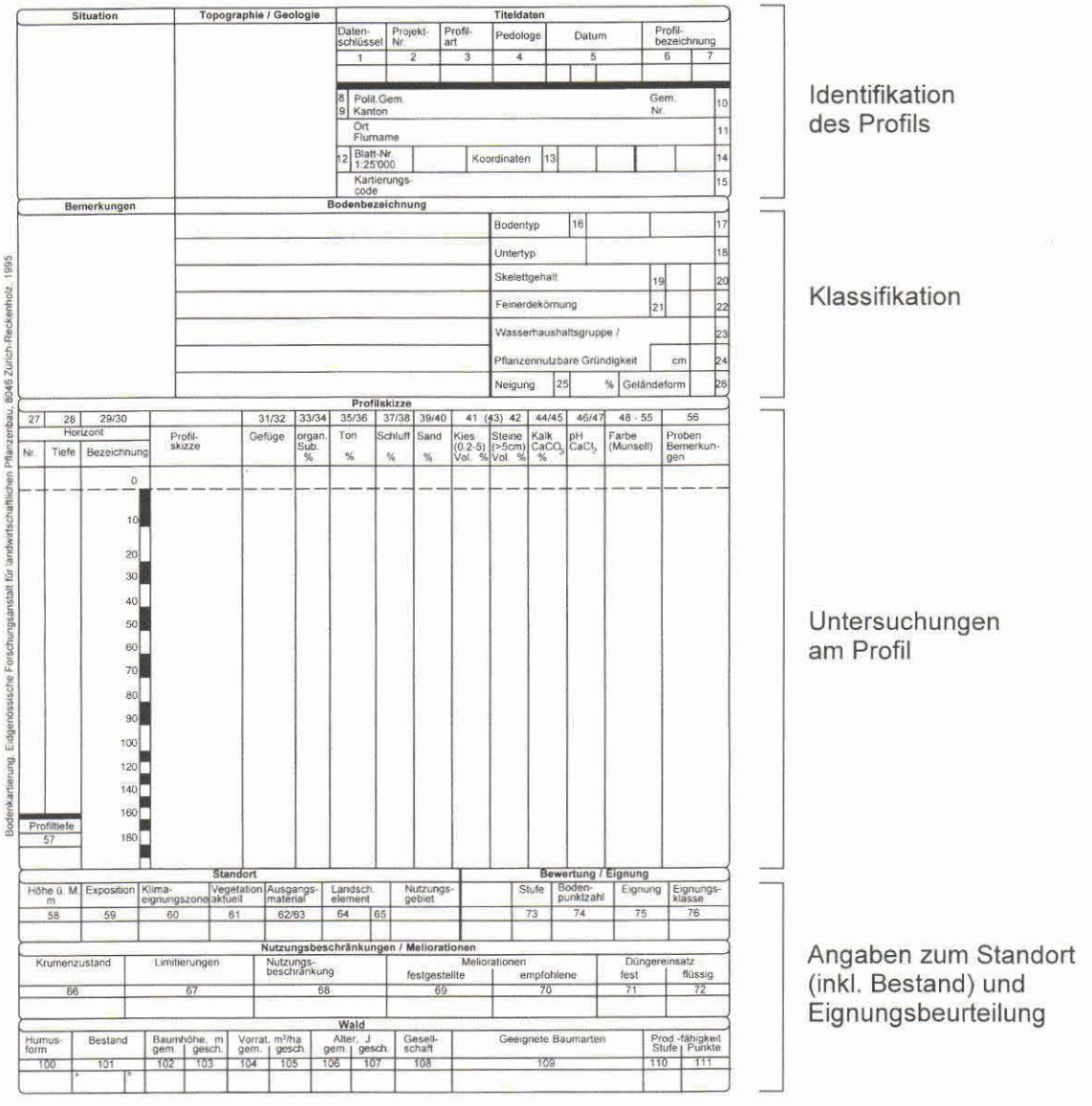


Abbildung 2.2a. Profilblatt der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich-Reckenholz (siehe auch Anhang 1).

Bei der **Profilbeschreibung** werden zuerst die gesamte Profilwand begutachtet und sichtbare Merkmale in der Profilskizze eingetragen (Streuauflage, Wurzeln, Wurmgänge, Steine, Vernässungsanzeichen usw.). Danach werden die Horizontgrenzen festgelegt, um die verschiedenen Bodenmerkmale (Gefüge, organische Substanz, Feinerdekörnung usw.) zu beurteilen. Damit die Merkmale besser angesprochen werden können, hat es sich bewährt, aus jedem Horizont Bodenteile zu entnehmen und auf einem Brett in der entsprechenden Reihenfolge auszulegen.

Die Bodenbeurteilung basiert zum Teil auf Schätzungen (Feinerdekörnung, organische Substanz) oder einfachen Messungen (pH-Wert). Auf dem Profilblatt sind diese "Feldresultate" einzutragen. Bei evtl. Probenahme werden die Schätzwerte durch die exakten, im Labor bestimmten Werte nachträglich ergänzt.

Anhand dieser Untersuchungen kann der Boden klassiert werden nach Bodentyp, Untertyp, Form, Lokalform.

Die Beurteilung als Pflanzenstandort hat die festgestellten Limitierungen von Boden, Klima, Topographie usw. für den Anbau der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zu werten. Sofern nötig wird der Boden noch mit einer Bodenpunktzahl bewertet.

Nachfolgend werden die verschiedenen Rubriken, die gemäss FAL-Profilblatt aufgeführt sind, beschrieben. Die Angaben zur Forstwirtschaft werden im Rahmen dieser Publikation nicht erläutert, siehe dazu: Handbuch Waldbodenkartierung (BUWAL 1996).

2.3 Identifikation des Profils

Die Untersuchung und Klassierung grösserer Serien von Bodenprofilen erfordert ein System zur Bezeichnung und Identifikation der Profilstellen. Dazu gehören Situationsskizze, Skizze für Topographie und Geologie sowie weitere Titeldaten (Abb. 2.3a).

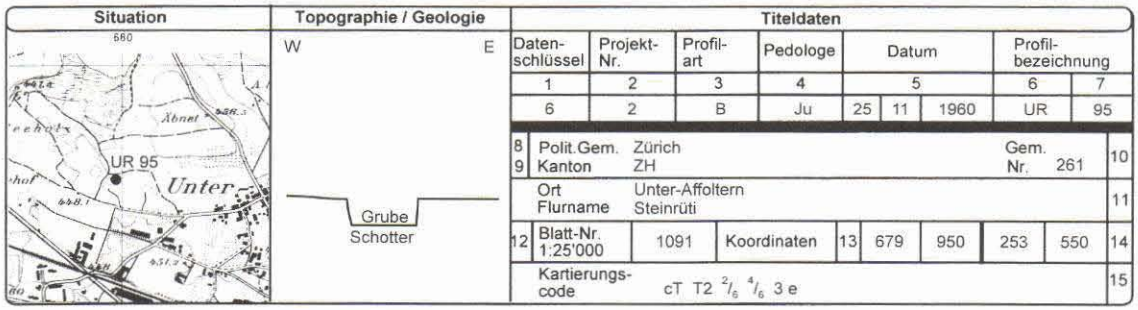


Abbildung 2.3a. Beispiel Skizzen Situation, Topographie / Geologie sowie Titeldaten

2.3.1 Situation, Topographie und Geologie

Von jeder Profilstelle ist eine Situationsskizze oder eine Kopie der LK 1:25'000 mit Profileintrag zu erstellen.

Die geologischen Verhältnisse werden zusammen mit einem Geländeschnitt als Skizze auf dem Profilblatt festgehalten. Dabei soll die Schnittrichtung (Himmelsrichtung) angegeben werden.

2.3.2 Titeldaten

Unter den "Titeldaten" werden unter anderem folgende Angaben gemacht:

- **Datenschlüssel:** Da das Profilblatt periodisch überarbeitet wird, wird unter dieser Rubrik die Nummer der entsprechenden Auflage des Profilblattes angegeben; gegenwärtig Nr. 6 (= 6. überarbeitete Auflage).

- **Profilart:** Ein Profilblatt kann grundsätzlich auch für die Beschreibung von Aufschlüssen an Böschungen, Kiesgruben oder von Bohrkernen, die mittels Bohrfahrzeug oder von Hand entnommen werden, verwendet werden.

P	Profil	H	Handbohrer
B	Böschung, Kiesgrube	U	Pürckhauer
C	Bohrfahrzeug	X	andere

- **Pedologe:** Name (Kürzel) des Sachbearbeiters, der die Profiluntersuchung macht.

- **Profilbezeichnung:** Die Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz hat jedes Profil mit einem Regionalcode sowie einer Nummer gekennzeichnet.
  - Regionalcode (Sigle): Die verschiedenen Gemeinden der Schweiz sind zu Regionen zusammengefasst. Jede Region ist mit einem Code zu zwei Buchstaben bezeichnet (zum Beispiel Gossau, Andwil, Waldkirch, Gaiserwald = Go).
  - Profilnummer: Innerhalb jeder Region werden die Profile fortlaufend numeriert, wobei zwischen Feld- und Waldprofilen unterschieden wird. Für Feldprofile beginnt man bei 1 (zum Beispiel Go 1, Go 2, usw.), für Waldprofile bei 500 (zum Beispiel Go 500, Go 501, usw.).

    Anmerkung: Die Regionalcodes sind nicht publiziert. Sie können auch durch die Gemeindenummer oder den Gemeindenamen ersetzt werden.
- **Koordinaten:** – Sie dienen der eindeutigen Identifikation des Profilstandortes.
- **Kartierungscode:** – Codierung des Bodenprofiles entsprechend den Kriterien zur Codierung der Arbeitslegende (Kap. 7.2.1).

Untersuchungen am Profil

3.1 Bodenhorizonte
- 3.1.1 Horizontnummer, Horizonttiefe und Horizontbegrenzung
- 3.1.2 Haupthorizonte und ihre Bezeichnung

3.2 Profilskizze und Signaturen

3.3 Gefüge
- 3.3.1 Gefügeformen
- 3.3.2 Gefügeansprache

3.4 Organische Substanz

3.5 Feinerde
- 3.5.1 Feinerdefraktionen
- 3.5.2 Feinerdekörnung, Bodenart
- 3.5.3 Bestimmung der Feinerdekörnung mit der Fühlprobe

3.6 Bodenskelett

3.7 Karbonatgehalt

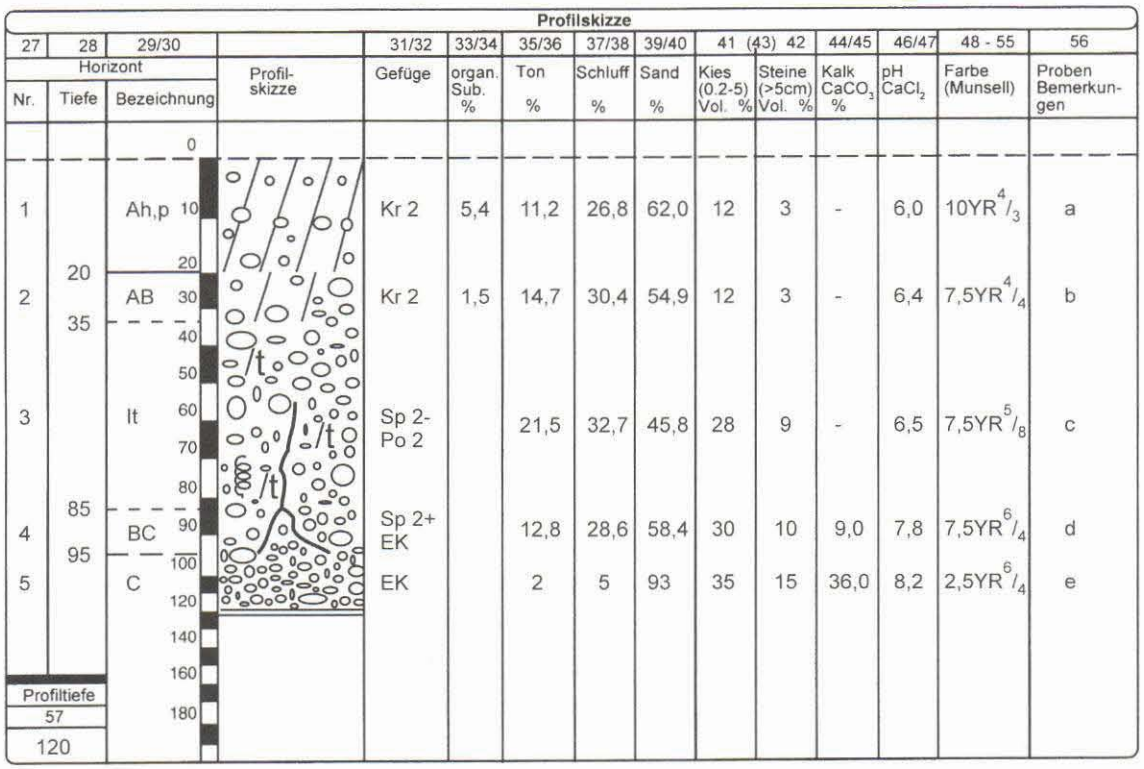
3.8 pH-Wert

3.9 Farbe

3.10 Entnahme von Bodenproben

3 Untersuchungen am Profil

Dieses Kapitel enthält die Anleitung zur Untersuchung und Beschreibung eines Bodenprofils. Diese stützen sich im wesentlichen auf die "Klassifikation der Böden der Schweiz" (FAP 1992a).



Profilskizze														
27	28	29/30		31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Horizont			Profil-skizze	Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk $CaCO_3$ %	pH $CaCl_2$	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen
Nr.	Tiefe	Bezeichnung												
1		Ah,p		Kr 2	5,4	11,2	26,8	62,0	12	3	-	6,0	$10YR^4/_3$	a
2	20	AB		Kr 2	1,5	14,7	30,4	54,9	12	3	-	6,4	$7,5YR^4/_4$	b
3	35	It		Sp 2-Po 2		21,5	32,7	45,8	28	9	-	6,5	$7,5YR^5/_8$	c
4	85	BC		Sp 2+ EK		12,8	28,6	58,4	30	10	9,0	7,8	$7,5YR^6/_4$	d
5	95	C		EK		2	5	93	35	15	36,0	8,2	$2,5YR^6/_4$	e

Profiltiefe 57: 120

Abbildung 3.1a. Beispiel Profilbeschreibung

3.1 Bodenhorizonte

Bodenhorizonte sind annähernd parallel zur Bodenoberfläche verlaufende, optisch unterscheidbare Zonen, welche durch die Bodenbildung (Verwitterung, Humusbildung, Stoffverlagerung, Gefügebildung usw.) voneinander differenziert worden sind.

Auf dem Profilblatt wird jeder Horizont mit einer Nummer, einer Tiefenangabe sowie mit Horizontsymbolen versehen.

3.1.1 Horizontnummer, Horizonttiefe und Horizontbegrenzung

Die Bodenhorizonte werden mit Ausnahme der einjährigen Streuauflage fortlaufend von oben nach unten numeriert.

Ebenso ist die Tiefe der Horizontobergrenze anzugeben.

Bei der Begrenzung der Bodenhorizonte werden deren Deutlichkeit sowie Verlauf angegeben (Kap. 3.2, Abb. 3.2a).

- scharf: klarer Übergang innerhalb 3 cm
- deutlich: klarer Übergang innerhalb 5 cm
- diffus: undeutlicher Übergang > 5 cm

3.1.2 Horizonte und ihre Bezeichnung

Haupthorizonte

Code	Horizontbeschreibung
O	Organischer Auflagehorizont mit mehr als 30 % organischer Substanz
T	Torfhorizont mit mehr als 30 % organischer Substanz, anaerob unter Grund- oder Stauwassereinfluss gebildet
A	Oberbodenhorizont mit weniger als 30 % organischer Substanz in der Feinerde
E	Eluvial- oder Auswaschungshorizont; Substanzverarmung zum Beispiel durch geringeren Tongehalt oder starke Ausbleichungen erkennbar; als letzter Auswaschungsrückstand verbleibt oft Quarzsand
I	Illuvial- oder Einwaschungshorizont; Anreicherung von Substanzen aus dem darüberliegenden E-Horizont; Illuviationen bilden Umhüllungen, Tapeten, Konkretionen, Krusten, Kolloidkonzentrationen oder Kristalle; dadurch oft intensiver oder dunkler Farbton
B	Unterbodenhorizont, unter dem A-Horizont gelegen; enthält Sekundärminerale, hat ein entwickeltes Bodengefüge und ist biologisch aktiv; in der Regel mit Pflanzenwurzeln; verglichen mit dem A-Horizont, geringer Humusgehalt
C	Untergrund (Ausgangsmaterial), meistens unter einem A- oder B-Horizont; Verwitterungsmerkmale können vorhanden sein; nicht aggregiert und biologisch nicht oder extrem schwach aktiv; nicht oder sehr spärlich durchwurzelt
R	Harte Felsunterlage

Ergänzende Horizontsymbole

Symbol	Bedeutung
( )	sehr schwach entwickelter Horizont; zum Beispiel (A) = humusarmer Oberboden eines Gesteinsbodens
[ ]	nur stellenweise vorhandener Horizont; zum Beispiel Einschlüsse von A-Horizontmaterial in einem tiefer gelegenen Horizont oder in einer Gesteinskluft
1, 2, 3	in besonderen Fällen zur weiteren Unterteilung von Unterhorizonten; zum Beispiel zur weiteren Gliederung von Auflagehumus (Ol1, Ol2; Of1, Of2; Tf1, Tf2, usw.); bei Mineralerdehorizonten nur ausnahmsweise anwenden (evtl. Bw1, Bw2)
II, III	geologischer Schichtenwechsel im Profil; zum Beispiel Ah-Horizont aus Löss über II Bw-Horizont aus Schotter, darunter III C-Horizont einer Moräne
AB, BC	Übergangshorizonte, weisen Merkmale von zwei oder mehreren Horizonten auf
A/E, B/C	Komplexhorizonte; Einschlüsse des einen im anderen Horizont

Codes zur genaueren Umschreibung der Haupthorizonte

Die folgenden Kleinbuchstaben dienen der genaueren Unterteilung resp. Umschreibung der Haupthorizonte; sie werden den Grossbuchstaben nachgestellt. Häufige Anwendungen von Symbolkombinationen werden erwähnt.

Code	Bedeutung
	Zustand der organischen Substanz
l	Streuzone (Litter); geringer Zersetzungsgrad der Pflanzenreste (über 90 % unverändert); lose oder verfilzte Struktur; Ol-Horizonte vor allem im Wald verbreitet *)
f	Fermentationszone (Förna), Vermoderungszone; teilweise bis stark zersetzte organische Substanz (30 bis 90 % erkennbare Pflanzenreste); Struktur faserig bis flockig, filzig, schwammig, teilweise körnig; häufige Kombinationen: Of, Tf *)
h	Humusstoffzone; sehr stark abgebaute organische Substanz (bis höchstens 30 % erkennbare Pflanzenreste); Humifizierung fortgeschritten und weitgehend im Gleichgewicht; Struktur in Oh- und Th-Horizonten kolloid, schmierig bis körnig; Huminstoffe in Mineralerde-Ah-Horizonten vorwiegend an Tone und Metalle oder an Erdalkalien gebunden *)
a	anmooriger oder moorähnlicher hydromorpher Horizont mit 10 bis 30 % organischer Substanz; meist krümelige bis körnige Struktur; Aa-Horizonte entstehen unter Grund- oder Stauwassereinfluss
	*) Die Subhorizonte Ol, Of und Oh werden z.T. auch als Haupthorizonte aufgeführt und mit den Symbolen L, F und H bezeichnet (Richard et al. 1978)
	Verwitterungszustand
ch	chemisch vollständig verwitterte Mineralerde; keine Gesteinsrelikte mehr vorhanden; der Gehalt an Primärmineralen beschränkt sich auf Quarz
w	verwittertes Muttergestein; wesentliche Mengen von Produkten der Verwitterung und Neubildungen liegen vor; an Tone gebundene oxidierte Eisenoxide verleihen dem Horizont eine gleichmässig braune Färbung (Bw); Kalziumkarbonat in der Feinerde nicht vorhanden
z	Zersatz des Muttergesteins; physikalische Aufteilung wiegt vor, chemische Verwitterung beschränkt sich auf die Gesteinsoberfläche; Cz in Gesteinsböden
	Relative mineralische Substanzanreicherungen
fe	erhöhter Eisenoxidgehalt; diffus oder in Krusten, Hüllen, Konzentrationen; Ife-Horizont in einem Podsol
ox	Oxidhorizont; Eisen- und Aluminiumoxide mehr oder weniger getrennt konzentriert, deshalb entsteht Marmorierung; meist poröses Gefüge

Fortsetzung

Code	Bedeutung
t	relativ tonreicher oder durch Tonanreicherung stark tonhülliger Horizont zum Beispiel It-Horizont einer Parabraunerde
q	Rückstandsanreicherung von Quarzen, zum Beispiel im Eq-Horizont
	Gefügezustand
m	massive, durch Kalk, Eisenoxide oder Kieselsäure verhärtete, zementierte Zone; zum Beispiel Ife, m-Horizont (Ortsstein) oder Ik, m-Horizont (Kalkkruste)
p	gepflügter Oberboden, zum Beispiel Ap- oder Ah, p-Horizont
st	strukturiert, mit ausgeprägter, stabiler Aggregierung
vt	vertisolisch (pelosolisch); tonreiche Bodensubstanz bildet beim Austrocknen starke Risse, die auch organisches Material einschliessen können.
x	kompakte, dichte, aber nicht zementierte Zone; zum Beispiel Bx- oder Bgg, x-Horizont
	Zustand der Alkalien und Erdalkalien
k	Kalkanreicherungshorizont; zum Beispiel Ik-Horizont (Kalkflaumzone) oder Cz,k-Horizont (Kalksteinzersatz)
na	alkalireicher Horizont; adsorbiertes Na^+ übersteigt 15 % der Kationentauschkapazität
sa	Anreicherung wasserlöslicher Salze; Isa-Horizont (Salzausblühungen)
	Merkmale des Sauerstoffmangels (Redoxschwankungen)
cn	punktförmige, schwärzliche Knötchen mit hohem Mangan- und Eisengehalt, deuten auf schwache Redoxschwankungen hin; zum Beispiel Bw, cn-Horizont
(g)	schwache, oft nur partiell im Innern der Klumpen vorhandene Rostflecken
g	mässig rostfleckige, wechselnasse Zone im A-, B- oder C-Horizont; zahlreiche, meist kleine, gut verteilte Rostflecken, umfassen weniger als 3 % Fläche des Anschnitts; Matrix zwischen den Flecken bräunlich
gg	Horizont mit starker Rostfleckung infolge periodischer Vernässung und Durchlüftung; zahlreiche, grosse Eisenoxidflecken, umfassen mehr als 3 % Fläche des Anschnitts; Matrix zwischen den Flecken grau
r	dauernd stark reduzierte Zone, von grauer, graublauer oder schwarzer Färbung; beim Aufgraben wird Boden infolge Sauerstoffzutritts rostfleckig

Fortsetzung

Code	Bedeutung
	Alte Bodenbildungen, frische Schüttungen
b	begrabener Horizont; von Material überdeckt, das entweder unverwittert ist oder bereits eine Bodenbildung erfahren hat; zum Beispiel Ob-, Ab- oder Bb-Horizont
fo	fossiler Horizont; stammt aus einer Zeit, mit anderen bodenbildenden Bedingungen; oft von einem jüngeren Boden oder mit Gesteinsmaterial überdeckt; zum Beispiel Ah,fo-, oder Box,fo-Horizont
y	fremde Auflagerung, Überschichtung, zum Beispiel durch Überflutung oder Aufschüttung

3.2 Profilskizze und Signaturen

Für die genaue Beobachtung und Dokumentation des Bodens ist auch eine Profilskizze wertvoll, wo charakteristische Bodeneigenschaften durch Signaturen (Abb. 3.2a) dargestellt werden.

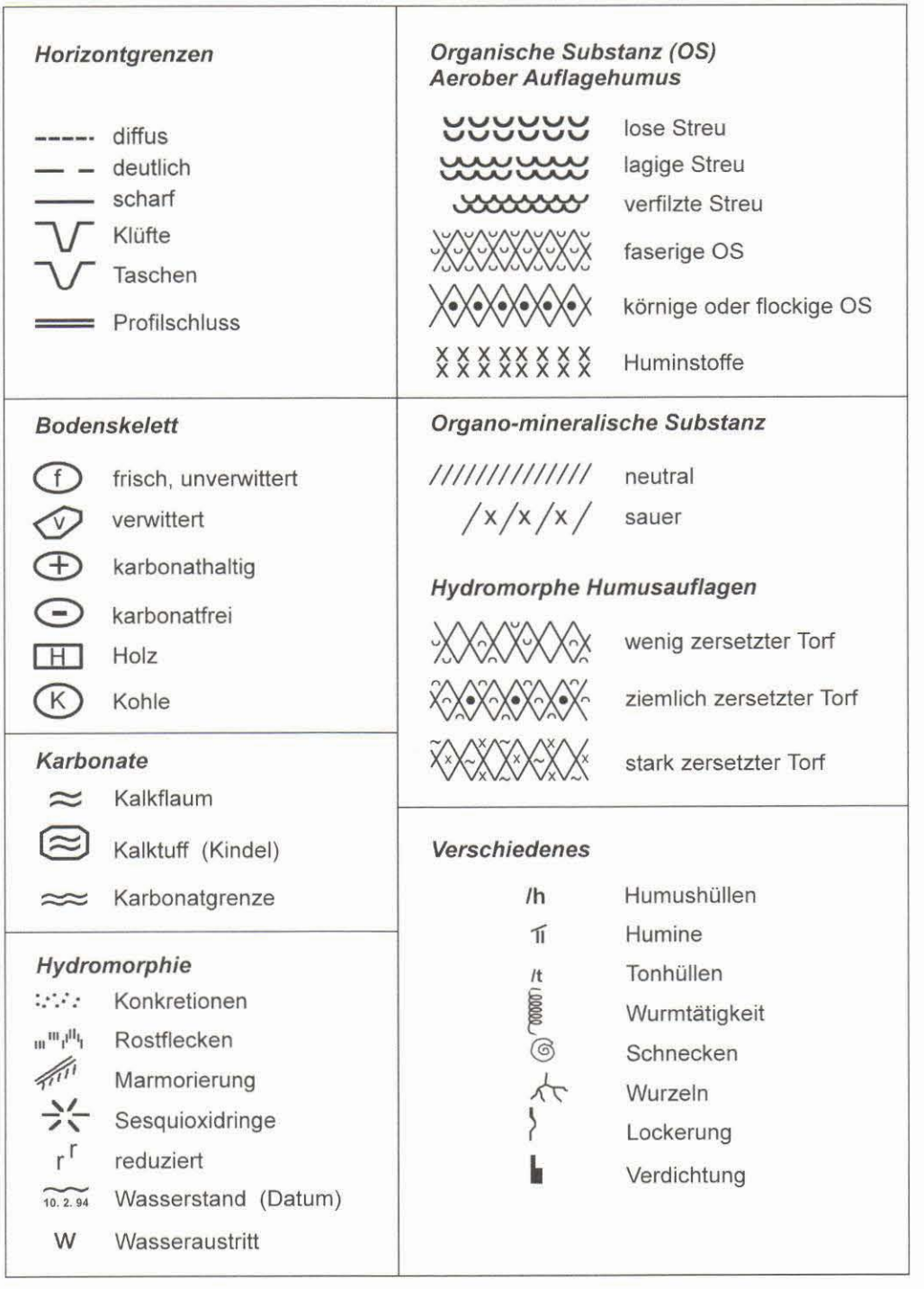


Abbildung 3.2a. Häufige Signaturen in Profilskizzen (nach FAP 1992a: abgeändert).

3.3 Gefüge

Unter dem Gefüge des Bodens, auch Bodenstruktur genannt, versteht man die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile und der Hohlräume. Vom Gefüge sind Durchwurzelbarkeit sowie Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt abhängig.

3.3.1 Gefügeformen

Es wird zwischen unstrukturierten und strukturierten Gefügeformen unterschieden.

Unstrukturierte Gefügeformen (Grundgefüge)

Bei den unstrukturierten Gefügeformen sind die Bodenteilchen nicht zu sichtbaren Aggregaten zusammengefügt.

Einzelkorngefüge (Ek): Die Bodenteilchen liegen lose nebeneinander. Einzelkorngefüge ist typisch für Sandböden.

Kohärentgefüge (Ko): Der Boden bildet eine ungegliederte zusammenhängende Masse. Kohärentgefüge findet man häufig im undurchlüfteten Untergrund von feinkörnigen Böden.

Strukturierte Gefügeformen (Aggregatgefüge)

Bei den strukturierten Gefügeformen sind die einzelnen Bodenteilchen durch Bodenbildungsprozesse in Aggregaten bestimmter Form und Grösse geordnet.

Krümelgefüge (Kr): Krümel sind rundliche Aggregate mit meist hoher Porosität. Sie sind Anzeichen hoher biologischer Aktivität und treten vorwiegend im humushaltigen A-Horizont auf.

Subpolyedergefüge (Sp): Subpolyedergefüge wird aus stumpfkantigen Aggregaten mit unregelmässigen, meist rauhen Oberflächen gebildet. Die einzelnen Subpolyeder sind überwiegend porös. Subpolyedergefüge ist charakteristisch für sandige bis lehmige Böden.

Polyedergefüge (Po): Polyedergefüge besteht aus unterschiedlich porösen, scharfkantigen Aggregaten. Auf den Aggregatoberflächen sind gelegentlich Tonhäutchen vorhanden. Polyedergefüge tritt häufig in lehmigen bis tonigen Böden auf.

Prismengefüge (Pr): Prismen sind senkrecht im Boden stehende Aggregate. Sie entstehen durch Quellen und Schrumpfen des Bodens. Auf den Aggregatoberflächen sind oft Tonhäutchen vorhanden. Prismengefüge ist typisch für tonreiche Böden.

Plattengefüge (Pl): Plattengefüge besteht aus plattigen Bodenaggregaten mit meist rauhen, seltener glatten, horizontal liegenden Grenzflächen. Plattengefüge entsteht oft durch mechanische Verdichtung, zum Beispiel in Pflugsohlen.

Aggregatgrössenklassen:	1:	Ø		<	2	mm
	2:	Ø	2	-	5	mm
	3:	Ø	5	-	20	mm
	4:	Ø	20	-	50	mm
	5:	Ø	50	-	100	mm
	6:	Ø		>	100	mm

3.3.2 Gefügeansprache

Durch das Zerteilen der Aggregate entlang der natürlichen Trennflächen kann die vorherrschende Aggregatform und -grösse bestimmt werden. Gleichzeitig kann festgestellt werden, ob Überzüge oder Anlagerungen (Tonhäute, Kalkflaum usw.) vorhanden sind. Für die Gefügebeurteilung hat es sich bewährt, die aus jedem Horizont herausgelösten Bodenstücke auf ein Brett (eventuell mit Zentimeter-Skala) zu legen; dadurch können die Gefügeformen der einzelnen Horizonte besser miteinander verglichen werden.

3.4 Organische Substanz

Der Gehalt an organischer Substanz kann anhand der Bodenfarbe (Tab. 3.4a) geschätzt werden. Im allgemeinen gilt: Je dunkler der Farbton desto grösser ist der Gehalt an organischer Substanz (Kap. 3.9).

Tabelle 3.4a. Einteilung der Böden nach dem Humusgehalt (= Gehalt an organischer Substanz)

Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff (% org. C)	Gehalt an organischer Substanz in der Feinerde (Gewicht %)	Bezeichnung
< 1,2	< 2	humusarm
1,2 - 3,0	2 - 5	schwach humos
3,0 - 6,0	5 - 10	humos
6,0 - 12,0	10 - 20	humusreich
12,0 - 18,0	20 - 30	sehr humusreich
> 18,0	> 30	organisch

[% organische Substanz = % organischer gebundener Kohlenstoff (C) x 1,72]

3.5 Feinerde

Unter Feinerde versteht man die Gesamtheit der Bodenpartikel mit einem Äquivalentdurchmesser von weniger als 2 mm. Sie setzt sich je nach Bodenhorizont aus Humus sowie der mineralischen Feinerde zusammen.

3.5.1 Feinerdefraktionen

Die Feinerde besteht aus den drei Hauptfraktionen Ton, Schluff und Sand. Sie können für spezielle Untersuchungen weiter unterteilt werden (Tab. 3.5a).

Tabelle 3.5a. Fraktionen der mineralischen Feinerde

Hauptfraktionen					Unterfraktionen				
			Ø					Ø	
Ton		<	0,002	mm	Feinton		<	0,0002	mm
					Grobton	0,0002	-	0,002	mm
Schluff	0,002	-	0,05	mm	Feinschluff	0,002	-	0,02	mm
					Grobschluff (Staub)	0,02	-	0,05	mm
Sand	0,05	-	2,0	mm	Feinsand	0,05	-	0,2	mm
					Mittelsand	0,2	-	0,5	mm
					Grobsand	0,5	-	2,0	mm

3.5.2 Feinerdekörnung, Bodenart

Die Feinerdekörnung, auch Bodenart genannt, ist ein Ausdruck für den Anteil von Ton und Schluff in Gewichtsprozenten an der gesamten Feinerde.

Werden die Anteile der Körnungsfraktionen in Gewichtsprozenten lediglich an der mineralischen Feinerde berechnet, ist dies ausdrücklich angegeben.

Je nachdem in welchem (gewichtsmässigen) Verhältnis diese Fraktionen zueinander stehen, ergeben sich verschiedene Feinerdekörnungsklassen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf Durchlässigkeit, Bearbeitbarkeit, Nährstoffspeichervermögen usw. Insgesamt werden 13 Körnungsklassen unterschieden (Tab. 3.5b; Abb. 3.5a).

Tabelle 3.5b. Körnungsklassen

Code	Körnungsklasse	Abkürzung	Gewicht % der mineralischen Feinerde	
			Ton	Schluff
1	Sand	S	< 5	< 15
2	schluffiger Sand	uS	< 5	15 - 50
3	lehmiger Sand	lS	5 - 10	< 50
4	lehmreicher Sand	lrS	10 - 15	< 50
5	sandiger Lehm	sL	15 - 20	< 50
6	Lehm	L	20 - 30	< 50
7	toniger Lehm	tL	30 - 40	< 50
8	lehmiger Ton	lT	40 - 50	< 50
9	Ton	T	> 50	< 50
10	sandiger Schluff	sU	< 10	50 - 70
11	Schluff	U	< 10	> 70
12	lehmiger Schluff	lU	10 - 30	> 50
13	toniger Schluff	tU	30 - 50	> 50

Die Körnungsklassen lassen sich auch in einem Dreiecks-Diagramm darstellen (Abb. 3.5a).

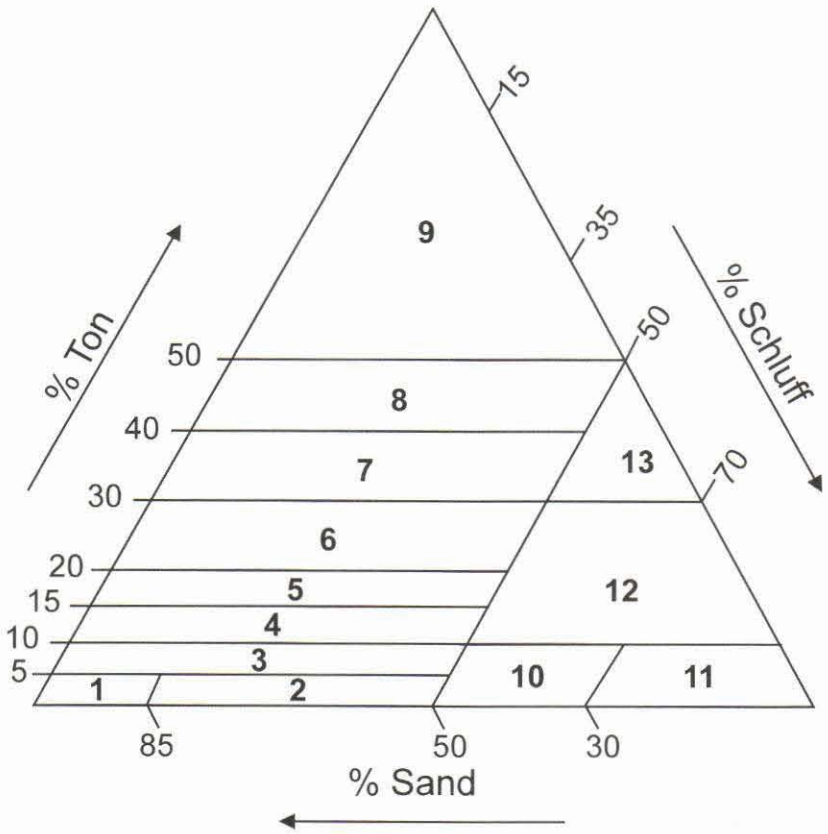


Abbildung 3.5a. Körnungsdiagramm

3.5.3 Bestimmung der Feinerdekörnung mit der Fühlprobe

Bei einiger Übung und Erfahrung kann mit der Fingerprobe (Fühlprobe) die Körnung relativ genau bestimmt werden. Dabei wird das Bodenmaterial zwischen Daumen und Zeigefinger zerrieben und geknetet. Körnigkeit, Bindigkeit und Formbarkeit können auf diese Weise gut beurteilt werden. Dabei sollte die Probe einen mittleren Feuchtigkeitsgrad aufweisen (trockene Proben anfeuchten). Die einzelnen Kornfraktionen weisen beim Reiben zwischen den Fingern folgende Eigenschaften auf:

- Ton: formbar, beschmutzend, klebrig, glatte und glänzende Gleitfläche
- Schluff: wenig formbar, mehlig, zerbröckelnd, nicht beschmutzend, rauhe Gleitfläche
- Sand: nicht formbar, nicht beschmutzend, körnig (Sandkörner fühlbar)

Je nach Ton-, Schluff- und Sandanteil vermischen sich diese Eigenschaften, wobei auch der Humusgehalt (zum Beispiel im Ah-Horizont) zu berücksichtigen ist. In tonreichen Böden macht der Humus den Boden weniger bindig, in sandreichen bindiger.

Um eine gewisse Sicherheit in der Körnungsansprache zu erhalten, empfiehlt es sich, die Schätzungen laufend mit den Laborergebnissen zu vergleichen. Auch eine Eichreihe der gängigsten Körnungsklassen kann wertvolle Hilfe leisten.

3.6 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 (Tab. 3.6a).

Tabelle 3.6a. Fraktionen des Bodenskelettes

Bezeichnung	Fraktion	Ø
Feinskelett	Feinkies	0,2 - 2 cm
	Grobkies	2 - 5 cm
Grobskelett	Kleine Steine	5 - 10 cm
	Grosse Steine	10 - 20 cm
	Kleine Blöcke	20 - 50 cm
	Grosse Blöcke	> 50 cm

Aufgrund von Grösse und Mengenanteil wird das Bodenskelett in 10 Skelettklassen eingeteilt (Tab. 3.6b).

Tabelle 3.6b. Skelettklassen

Code	Bezeichnung bei Skelettfraktionierung	Abkürzung	Volumen %	Bezeichnung für Gesamtskelett	Abkürzung
0	skelettfrei, skelettarm	skf, ska	< 5	skelettfrei, skelettarm	skf, ska
1	schwach skeletthaltig	sskh	5 - 10	schwach skeletthaltig	sskh
2 3	kieshaltig[1] steinhaltig	kh sh	10 - 20	skeletthaltig	skh
4 5	stark kieshaltig[1] stark steinhaltig	stkh stsh	20 - 30	stark skeletthaltig	stskh
6 7	kiesreich[1] steinreich	kr sr	30 - 50	skelettreich	skr
8 9	Kies[1] Geröll, Blöcke		> 50	extrem skelettreich	eskr

[1] höchstens 1/3 Grobskelett

Bei Waldkartierungen sowie bei der Bodenkartierung 1:25'000 werden in der Regel nur vier Skelettklassen unterschieden (Tab. 3.6c).

Tabelle 3.6c. Skeletteinteilung bei Waldkartierungen und Bodenkartierung 1:25'000

Code	Bezeichnung	Volumen %
0	skelettfrei	0
1	skelettarm	< 10
2	skeletthaltig	10 - 30
3	skelettreich	> 30

Wertvolle Hilfe bei der Schätzung des Skelettgehalts leisten entweder Fotos von Bodenprofilen oder Horizonten mit bekanntem Skelettanteil oder sogenannte Vergleichstafeln (Abb. 3.6a).

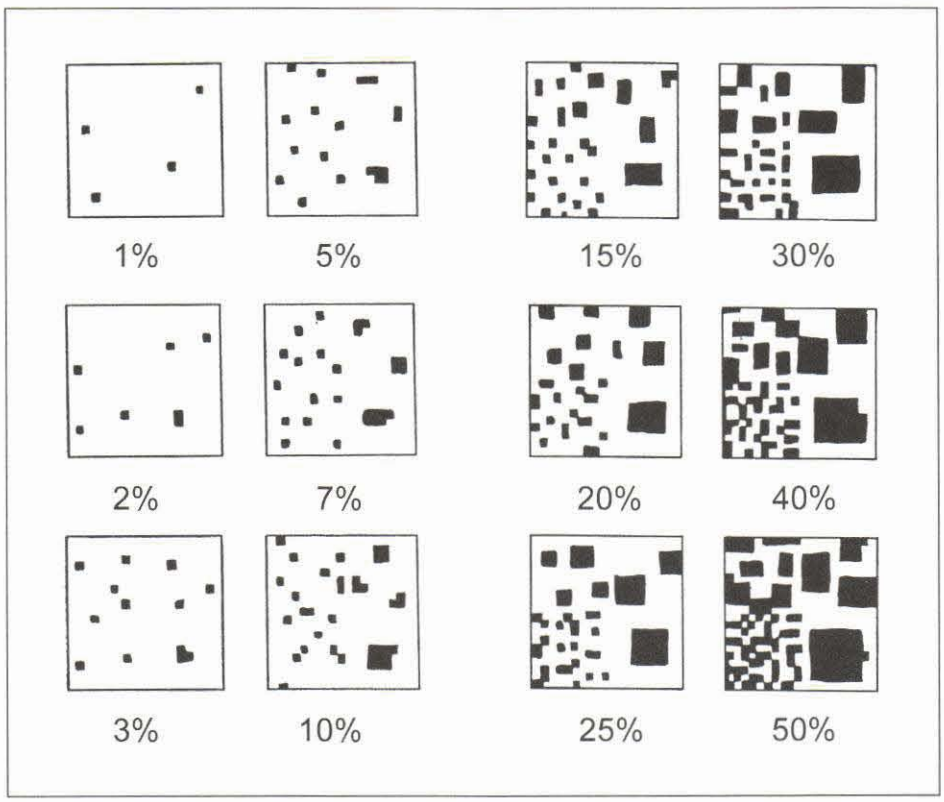


Abbildung 3.6a. Vergleichstafeln zur Schätzung von Flächenanteilen (nach Oyama and Takehara 1967)

3.7 Karbonatgehalt

Die Verteilung des Karbonatgehalts in den einzelnen Horizonten des Bodenprofils kennzeichnet den Entwicklungszustand des Bodens. Im Feld kann der Karbonatgehalt des Bodens mit verdünnter Salzsäure grob geschätzt werden (Tab. 3.7a).

Tabelle 3.7a. Bestimmung des Karbonatgehaltes mit verdünnter Salzsäure (etwa 10 - 20 % HCl)

Code	Reaktion	Karbonatgehalt
0	keine Reaktion, auch kein leises Knistern (Feinerde + Skelett)	kein Karbonat vorhanden
1	Reaktion nur im Skelett	nur Skelett enthält Karbonat
2	nur vereinzelt schwaches Aufbrausen	Spuren von Karbonat vorhanden
3	schwaches Aufbrausen	Karbonatgehalt < 2 %
4	mittleres Aufbrausen	Karbonatgehalt 2 - 10 %
5	starkes, anhaltendes Aufbrausen	Karbonatgehalt > 10 %

3.8 pH-Wert

Der pH-Wert der Bodenlösung, als Ausdruck des Säuregrades im Boden, beeinflusst in vielfältiger Weise die Eigenschaften und Vorgänge im Boden (Bodenentwicklung, Nährstoffverfügbarkeit usw.).

Bei Profilbeschreibungen im Gelände stehen tragbare pH-Messgeräte zur Verfügung. Mit Farbindikatoren, zum Beispiel Hellige-pH-Meter, kann der Säuregrad annähernd ermittelt werden. Für den Säuregrad wird die Einteilung gemäss Tab. 3.8a verwendet, wobei aufgrund des pH-Wertes auch die ungefähre Basensättigung angegeben werden kann.

Tabelle 3.8a. Bodenreaktion. Klasseneinteilung entsprechend pH-Wert.

Bezeichnung	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	ungefähre Basensättigung (%)
stark alkalisch	> 8,2	> 8,2	100
alkalisch	7,7 - 8,2	7,7 - 8,2	100
schwach alkalisch	7,3 - 7,6	6,8 - 7,6	100
neutral	6,8 - 7,2	6,2 - 6,7	> 80
schwach sauer	5,9 - 6,7	5,1 - 6,1	51 - 80
sauer	5,3 - 5,8	4,3 - 5,0	15 - 50
stark sauer	3,9 - 5,2	3,3 - 4,2	< 15
sehr stark sauer	< 3,9	< 3,3	

3.9 Farbe

Die Farbe ist Ausdruck des Entwicklungsgrades eines Bodens und kann die Klassifikation wesentlich unterstützen. Ausserdem beeinflusst die Farbe der Bodenoberfläche die Bodentemperatur.

Zur Farbbestimmung dienen Farbtafeln (MUNSELL-Standard Soil Color Charts, Oyama and Takehara 1967). Die Farbe besteht aus den drei Komponenten Farbton, Helligkeit und Farbintensität.

• **Farbton:** (Hue)	spektrale Zusammensetzung	10	YR	(orange-braunschwarz)
		7,5	R	(rot)
		5	Y	(gelb) (oliv)
• **Helligkeit:** (Value)	Höhe des Schwarz- und Weissanteils (9 Abstufungen) weist vor allem auf den Gehalt und die Humifizierung der organischen Substanz hin	1/., 2/.		dunkel (schwarz)
		7/., 8/.		hell
		9/.		(weiss)
• **Farbintensität:** (Chroma)	steht im Zusammenhang mit Konzentration, Dispersität und Art des Farbstoffes (8 Abstufungen)	. /1, . /2		bleich
		. /7, . /8		intensiv

Beispiele:	Ah-Horizont einer Braunerde:	10	YR	4/2
	It-Horizont einer Parabraunerde:	7,5	YR	5/6
	Cr-Horizont eines Fahlgleys:	5	Y	6/1

Die Farbe soll stets am feuchten Boden (ungefähr Feldkapazität) bestimmt werden. Bei stärkerer Bodentrockenheit ist die Probe anzufeuchten.

Treten mehrere Farben im gleichen Horizont auf (zum Beispiel Gleyflecken), so wird zuerst die Farbe der Matrix bestimmt, sodann die der Einschlüsse und diejenige von Substanzkonzentrationen und Flecken.

3.10 Entnahme von Bodenproben

Oft werden die Aufnahmen am Profil mit chemischen, physikalischen oder mineralogischen Laboranalysen ergänzt. In solchen Fällen müssen Bodenproben entnommen werden. Je nach Untersuchung werden Sackproben (Proben mit gestörtem Gefüge) oder Zylinderproben (Proben mit ungestörtem Gefüge) entnommen. Wichtig ist, dass die Proben jeweils den ganzen Horizont repräsentieren. Auf dem Profilblatt werden Horizonte, die beprobt werden, mit Kleinbuchstaben gekennzeichnet (von oben nach unten).

Sackproben

Sackproben werden entnommen zur Bestimmung von pH-Wert, Humusgehalt, Feinerdekörnung, Kationenumtauschkapazität (KUK) usw. Aus dem Zentrum jedes Horizontes, der frisch abgestochen wurde, entnimmt man einige Teilproben Feinerdematerial und füllt sie in einen Probesack. Der Probesack wird mit der Profilbezeichnung (Regionalcode, Profilnummer), der Horizontbezeichnung sowie der Horizontobergrenze beschriftet (zum Beispiel Mi 92b 20cm). Für eine komplette Laboruntersuchung genügt etwa ein Kilogramm Feinerde. Die Probenahme beginnt im allgemeinen am untersten Horizont.

Zylinderproben

Zylinderproben werden entnommen zur Bestimmung des Wasserhaltevermögens, des Porenvolumens, des Raumgewichts und des k-Wertes (Wasserdurchlässigkeit). Geeignet sind Zylinder aus rostfreiem Metall und gut schliessenden aufsteckbaren Deckeln. Der Zylinder passt in eine Schneidehülse, mit der er lotrecht in den Bodenhorizont gepresst wird. Mit einem mobilen Bohrgerät können auch ohne Profilgrube Zylinderproben genommen werden. Da die Resultate später auf das Volumen des Zylinders bezogen werden, ist eine **sehr sorgfältige Probenahme** nötig. Es werden mindestens fünf Zylinderproben pro Horizont benötigt (drei zur k-Wert-Bestimmung, zwei zur Bestimmung der Porenverteilung). Für Forschung und Beratung sind ein mehrfaches an Zylindern notwendig, damit die oft recht grosse Streuung genügend genau erfasst wird.

Angaben zu Standort und Nutzung

4.1 Allgemeine Standortdaten
- 4.1.1 Höhe und Exposition
- 4.1.2 Klima
- 4.1.3 Nutzung, Vegetation
- 4.1.4 Ausgangsmaterial
- 4.1.5 Landschaftselement
- 4.1.6 Nutzungsgebiet

4.2 Nutzungsbeschränkungen und Meliorationen
- 4.2.1 Krumenzustand
- 4.2.2 Limitierende Merkmale
- 4.2.3 Nutzungsbeschränkungen
- 4.2.4 Meliorationen
- 4.2.5 Düngereinsatz

4.3 Bewertung / Eignung

4 Angaben zu Standort und Nutzung

Für eine Beurteilung des Standorts sind Angaben zu Klima, Topographie und Boden notwendig. Das Klima bestimmt die potentielle Vielfalt der landwirtschaftlichen Kulturen, die Topographie vorwiegend die effektiven landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten. Der Boden als Standortfaktor ermöglicht den Pflanzen, die durch das Klima gegebene Potential mehr oder weniger zu nutzen.

Für die nur den Wald betreffenden Rubriken im „Profilblatt" sei auf das „Handbuch der Waldbodenkartierung" (BUWAL 1996) verwiesen.

Je nach Aufgabenstellung kann es erforderlich sein, die hier aufgeführten Angaben (Abb. 4.1a) zu detaillieren, zum Beispiel bei kleinräumigen Unregelmässigkeiten an der Bodenoberfläche.

Standort								Bewertung / Eignung				
Höhe ü. M. m	Exposition	Klima-eignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangs-material	Landsch. element		Nutzungs-gebiet		Stufe	Boden-punktzahl	Eignung	Eignungs-klasse
58	59	60	61	62/63	64	65			73	74	75	76
446	S	A3	KW	SC	a	1	1		3	76		2

Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen						
Krumenzustand	Limitierungen	Nutzungs-beschränkung	Meliorationen		Düngereinsatz	
			festgestellte	empfohlene	fest	flüssig
66	67	68	69	70	71	72
1	G, S, U	B	-	-	2	2

Abbildung 4.1a. Angaben zu Standort, Bewertung/Eignung sowie Nutzungsbeschränkungen und Meliorationen (Beispiel).

4.1 Allgemeine Standortdaten

4.1.1 Höhe und Exposition

Die Höhe über Meer ist in ganzen Metern anzugeben. Für die Bezeichnung der Exposition werden die internationalen Abkürzungen gebraucht. Es werden acht Expositionen unterschieden: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW (Ø = keine Exposition).

4.1.2 Klima

Die beiden wichtigsten Klimafaktoren sind Niederschlag und Temperatur. Sie wirken sowohl direkt als auch indirekt über die Beeinflussung der Vegetation auf die Bodenentwicklung.

Um das Klima zu charakterisieren, wird die Klimazone, in welcher das Profil liegt, gemäss „Klimaeignungskarte der Schweiz Massstab 1:200'000" (Der Delegierte für Raumplanung 1977a) angegeben. Die Einteilung der einzelnen Zonen geschieht darin nach Niederschlagshaushalt (Zahl) und Vegetationsperiode (Buchstabe), wobei die Dauer der Vegetationsperiode ungefähr mit dem Wärmehaushalt gemäss „Wärmegliederung der Schweiz Massstab 1:200'000" (Der Delegierte für Raumplanung 1977b) übereinstimmt. Im Kapitel 9.2.2 wird auf die Bedeutung der Klimazonen für die Standortbeurteilung nähereingegangen.

4.1.3 Nutzung, Vegetation

Aufgenommen wird die aktuelle Landnutzung beziehungsweise Vegetation zum Zeitpunkt der Profilaufnahme. Die wichtigsten Vegetationsformen sind in Tab. 4.1a aufgeführt.

Tabelle 4.1a. Vegetationsformen

Code	Aktuelle Vegetation	Code	Aktuelle Vegetation
AK	Acker offen	BK	Krautvegetation
KW	Kunstwiese	BS	Strauchvegetation
WI	Dauerwiese	WA	Wald
WE	Dauerweide	SL	Streueland
BG	Baumgarten	RI	Riedland
SO	Intensivobstanlage	MO	Moorvegetation
SG	Gemüse, Garten	UW	Grasland (Urwiese)
SB	Beeren	OL	anthropogenes Ödland
SR	Reben	XX	andere

4.1.4 Ausgangsmaterial

Unter Ausgangsmaterial, auch Muttermaterial oder Substrat genannt, versteht man das durch geologische Vorgänge gegebene Material, aus dem sich der Boden entwickelt hat. Das Ausgangsmaterial beeinflusst viele Bodeneigenschaften wie Körnung, Gefüge, Porosität oder Bodenreaktion. Das Ausgangsmaterial lässt sich durch sorgfältige Untersuchungen am Bodenprofil (Gesteinsrelikte, Körnung, organische Substanz) ermitteln. Dabei sind geologische Karten wichtige Hilfsmittel (Tab. 4.1b).

Tabelle 4.1b. Ausgangsmaterialien für die Bodenbildung

Code	Ausgangsmaterial	Code	Ausgangsmaterial
TO	Torf	MG	Grundmoräne
TU	Tuff	ME	Mergel
SK	Seekreide	TN	Ton
SA	Sand	TS	Tonschiefer
LO	Löss	SS	Sandstein
HS	Hangschutt (Bergsturz)	KG	Konglomerat
AL	Alluvionen	KS	Kalkstein
KO	Kolluvionen	DO	Dolomitgestein
HL	Hanglehm	RW	Rauhwacke
SL	Seebodenlehm	GR	Granit
SC	Schotter	GN	Gneis
MS	schottrige Moräne	SF	Schiefer
MO	Moräne		

4.1.5 Landschaftselement

Das Relief als Bodenbildungsfaktor beeinflusst die Bodenentwicklung entscheidend. Vom Relief abhängig sind einerseits der Wasserhaushalt (Oberflächenabfluss, Abstand zum Grundwasserspiegel), andererseits auch Erosions- und Akkumulationsprozesse.

Um das Grobrelief zu charakterisieren, wird das Landschaftselement, in welchem das Profil liegt, angegeben (Abb. 4.1b). Zudem wird festgehalten, ob es sich um eine Konvex (Verlust)-Lage, eine Konkav (Gewinn)-Lage oder um eine ausgeglichene Lage handelt.

Code	Landschaftselement	Beschreibung	Skizze
EE	Ebene	ausgedehnte, ebene Niederung	
TM	Talmulde	muldenförmiger, tiefgelegener Teil des Tales	
TS	Talsohle	relativ breiter, ebener, tiefstgelegener Teil des Tales	
TC	Tälchen	kleines Tal mit engem Querprofil	
TT	Talterrasse	Geländestufe an der Talflanke	HT TT
HT	Hangterrasse	Geländestufe am Hang	
HF	Hangfuss	auslaufender unterer Hangteil	
KR	Kuppe, Rücken, Wall	konvexe Lage, ovale oder längliche Erhebung	
HM	Hangmulde	muldenförmige Eintiefung am Hang	HM HP
HP	Hangrippe	markante längliche Erhebung am Hang	
HH	Flachhang	5 - 25 % Gefälle	100% 75% 50% 25%
HX	Starkhang	25 - 50 % Gefälle	
HY	Steilhang	50 - 75 % Gefälle	
HZ	extremer Steilhang	> 75 % Gefälle	
SF	Schwemmfächer	am Hangfuss durch Fliessgewässer abgelagerte Sedimente	
SK	Schuttkegel	kegelförmige Schuttablagerung am Hang	
HR	Rutschhang	ausgesprochene Rutschformen, wellig bis hügelig	
PF	Plateau	allseitig abfallende, erhöhte Fläche von grösserer Ausdehnung	

Abbildung 4.1b. Landschaftselemente

4.1.6 Nutzungsgebiet

Klimazonen der Klimaeignungskarte 1:200'000 (Der Delegierte für Raumplanung 1977a) mit ähnlicher Eignungsbeurteilung für landwirtschaftliche Kulturen sind zu sechs Nutzungsgebieten zusammengefasst:

1. Ackerbaugebiet mit vielseitigen Fruchtfolgen (Klimazonen A2, A3, B2, B3)
2. Übergangsgebiet ackerbaubetont (Klimazonen A4, B4, C3, C4)
3. Übergangsgebiet futterbaubetont (Klimazonen A5, B5, C5, D3, D4, E3)
4. Futterbaugebiet (Klimazonen D5, E4, E5, F)
5. Landwirtschaftsgebiet mit spezieller Nutzung (Klimazonen A1, B1, (A2, B2), C1, C2, D1, D2, E1, E2, E3, A6, B6, C6, D6, E6)
6. Alpweiden (Klimazonen G, (H))

Die Nutzungsgebiete sind in Kapitel 9.2.2 ausführlich beschrieben.

4.2 Nutzungsbeschränkungen und Meliorationen

In diesem Unterkapitel werden unter anderem Massnahmen aus dem Gebiet der Kulturtechnik erwähnt. Zur gründlichen Information über deren theoretischen Grundlagen konsultiere man entsprechende Literatur (zum Beispiel Blume 1992, Blume et al. 1996, Kuntze et al. 1994, Scheffer/ Schachtschabel 1992).

4.2.1 Krumenzustand

Der aktuelle Gefügezustand in der Ackerkrume wird auf allfällige Schäden untersucht, die durch die Bewirtschaftung entstanden sind. Beispiele sind Bodenverdichtungen in der Spur und auf der Pflugsohle, künstliche Gefüge (Klumpen oder Bröckel) durch zu intensive Bodenbearbeitung und Verschlämmungen.

Unterschieden werden drei Stufen: 1 gut
2 mässig gestört
3 stark gestört

Im Felde kann der Krumenzustand anhand von Bodenprofilen, Bohrkernen oder mit der Spatenprobe (zum Beispiel Hasinger et al. 1993) untersucht werden.

4.2.2 Limitierende Merkmale

Die die Nutzung einschränkenden Merkmale des Bodens, der Topographie und des Klimas sind zu nennen. Häufig vorkommende sind codiert und unten aufgeführt.

Boden

A Bodenart
C Chemismus
D Durchlässigkeit
F Fremdnässe
G Nutzbarer Wurzelraum
I Staunässe
S Bodenskelett
U Untergrund extrem durchlässig
Z Gefügezustand

Topographie

L Lage im Relief
N Hangneigung
O Oberflächengestalt

Klima

K Klimatische Lage
H Höhenstufe
X Exposition
Y Niederschläge

4.2.3 Nutzungsbeschränkungen

Die wichtigsten Nutzungsbeschränkungen sind ebenfalls codiert. Um Verwechslungen vorzubeugen sind die bei den „limitierenden Merkmalen" verwendeten Abkürzungen (Kapitel 4.2.2) nicht mehr wiederholt worden. Aufgeführt sind nur die häufiger vorkommenden Möglichkeiten.

B	maschinelle Bearbeitung / Bewirtschaftung	Q	Querflutung
E	Erosion	R	Rutschung
G	Gründigkeit	T	Tragfähigkeit
M	Mikroklima (Frost, Wind, usw.)	V	Vegetationsdauer
P	Überschüttung	W	Wasser-/ Lufthaushalt

4.2.4 Meliorationen

Über Jahrhunderte hinweg sind Gewässer-Korrektionen durchgeführt und Nassgebiete drainiert worden. Wo noch ein aktiver Einfluss dieser Massnahmen feststellbar ist, ist dies zu vermerken.

In der Rubrik „empfohlene Meliorationen" werden mögliche Bodenverbesserungsmassnahmen angegeben. Die Ausführungsentscheidung liegt bei anderen Gremien.

Um eine möglichst einheitliche Beurteilung durch verschiedene Sachbearbeiter zu erreichen, sind die wichtigsten Vorschläge mit ihrem Code aufgeführt.

Verbesserung des Wasser-/ Lufthaushaltes

WR	Röhrenentwässerung
WM	Maulwurfdrainage
WU	Untergrundlockerung
WQ	Quellfassung
WG	Grabenentwässerung
WV	Vorflutregulierung
WB	Bewässerung

Bodenerhaltende Massnahmen

EU	Übersanden
EH	Humusierung
ET	Tiefpflügen
EB	Dauerbegrünung
EF	Aufforstung
EW	Windschutz
EG	Gefügestabilisierung

Oberflächenanpassungen

OE	Einebnung
OS	Säuberung
OT	Terrassierung
OR	Rekultivierung

Korrektur Bodenchemismus

CK	Aufkalkung
CD	Ergänzungs-/ Ausgleichsdüngung
CS	Salzauswaschung
CA	Einbringung von Adsorbtionsträgern

4.2.5 Düngereinsatz

Für eine pflanzen- und umweltgerechte Anwendung unterscheidet man folgende Risikostufen:

1. gering
2. mittel
3. hoch
4. sehr hoch

Details siehe Kapitel 10 „Beurteilung des Risikos für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen".

4.3 Bewertung / Eignung

Die landwirtschaftliche Bodenbewertung geht von einer nachhaltigen Nutzungsvielfalt als Idealvorstellung aus. Bei möglichst geringem Aufwand sollen ausgeglichen hohe Erträge erzielbar sein, ohne die Umwelt zu belasten. Bei Einschränkungen irgendwelcher Art sind bei der Bewertung Abzüge zu machen.

Fruchtbarkeitstufe und Bodenpunktzahl als Bewertungsgrössen sind in **Kapitel 11, Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden**, beschrieben.

Die Eignungsklassen sind in **Kapitel 9, Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung,** ausführlich beschrieben. Ergänzungen zu den in den Eignungsklassen gemachten Aussagen, wie spezielle ackerbauliche Nutzungen, Angaben zu Spezialkulturen und ökologische Spezialitäten sind im Feld „Eignung" zu vermerken.

Bodenbezeichnung (Klassifikation)

5.1 Bodentypen

5.2 Untertypen

5.3 Wasserhaushalt / Pflanzennutzbare Gründigkeit
- 5.3.1 Art und Grad der Vernässung
- 5.3.2 Pflanzennutzbare Gründigkeit und Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser
- 5.3.3 Bodenwasserhaushaltsgruppen

5 Bodenbezeichnung (Klassifikation)

Anhand der Profil- und Standortbeschreibung wird der betreffende Boden klassiert, das heisst seine wichtigsten Eigenschaften werden gruppiert und benannt.

Grundlage dazu ist die „Klassifikation der Böden der Schweiz" (FAP 1992a); zusammen mit dem „Schlüssel zur Klassifikation der Bodentypen der Schweiz" (BGS 1996) und der vorliegenden „Bodenkartieranleitung" bildet sie ein Ganzes. In diesem Kapitel wird ein kurzer Auszug daraus wiedergegeben. Der Wasserhaushalt des Bodens und die pflanzennutzbare Gründigkeit als wichtigste Kriterien für die Kartierung werden hier jedoch ausführlicher als dort behandelt.

Bemerkungen	Bodenbezeichnung										
	Parabraunerde	Bodentyp	16	T		1355			17	Kap.	5.1
	ausgeprägt	Untertyp		T2					18	Kap.	5.2
	kieshaltig / kiesreich	Skelettgehalt			19	2	6		20	Kap.	3.5
	lehmreicher Sand / Lehm	Feinerdekörnung			21	4	6		22	Kap.	3.6
	perkoliert	Wasserhaushaltsgruppe /					c		23	Tab.	5.3c
	mässig tiefgründig	Pflanzennutzbare Gründigkeit				69 cm	3		24	Tab.	5.3b
	schwach wellig	Neigung	25	2 %	Geländeform		e		26	Tab.	8.2b

Abbildung 5.1a. Beispiel Bodenbezeichnung

5.1 Bodentypen

Böden mit ähnlicher Entstehungsgeschichte, ähnlichem Wasserhaushalt, ähnlichem Aufbau und ähnlichen chemischen und mineralogischen Eigenschaften werden zu Bodentypen zusammengefasst. Nachfolgend ein **Überblick über das Klassifikationssystem** mit einem kurzen Beschrieb der häufigsten Bodentypen:

I. KLASSE	1	2	3	4	5	6	7	8
Wasserhaushalt, Gefüge, Redox	Perkoliert	Selten perkoliert	Nie perkoliert	Stau	Stau verdunstend	Hydromorph fremdnass	Hydromorph verdunstend	Periodisch überschwemmt

II. ORDNUNG	1	2	3	4	5
Bodengerüstbestandteile	Gesteinsrelikte	Organ. Substanz + Gesteinsrelikte	Sekundärminerale + organ. Substanz + Gesteinsrelikte	Sekundärminerale + organ. Substanz	Organ. Substanz

III. VERBAND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Chemische und mineralogische Komponenten	Silikatgestein domin.	Mischgestein domin.	Karbon.-gestein domin.	Ton + Huminstoff Komplex-Bildung	Ton-Fe Komplex-Bildung	Fe-Al-Humat-Bildung	Fe + Mn oxidiert / reduziert	reduz. Fe perman. gelöst	Organ. Substanz residual	Fe- + Al-Oxide residual

IV. TYP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Substanz: Verlagerung, Auswaschung, Fällung	Al-Ionen aktiv: Auswaschung	Ca-Ionen: Auswaschung	Ca-Bikarbonat: Auswaschung	Na-Ionen: Verlagerung	Ton: Verlagerung	reduziertes Fe: in Lösung	Si: Auswaschung	Al-Fe-Humat: Verlagerung	Na-Ton: Verlagerung	Huminstoff: Auswaschung

Aus Klasse, Ordnung, Verband und Typ wird je das dominierende Merkmal bestimmt und die entsprechende Zahl notiert. Die häufig vorkommenden Zahlenkombinationen führen zu Bodentypen mit gebräuchlichen Namen.

Beispiele:	Klasse +	Ordnung +	Verband +	Typ	= Bodentyp
	1	3	5	2	Braunerde
	6	3	7	6	Buntgley
	6	5	9	2	Moor

Den nachfolgenden Kurzbeschreibungen der Bodentypen sind vorangestellt: Name des Bodentyps, Kürzel auf Karten (in Klammern), entsprechender Code gemäss Klassifikationssystem und (wo nötig) Kürzel für den Untertyp.

Perkolierte (= senkrecht durchwaschene) Böden

Silikatgesteinsboden (L): 1112	Boden aus Silikatgesteinsschutt mit beginnender Bodenentwicklung. Der Humushorizont fehlt noch.
Mischgesteinsboden (U): 1122, 1123	Boden aus Silikat- und Karbonatgesteinsschutt mit beginnender Bodenentwicklung. Der Humushorizont fehlt noch.
Karbonatsgesteinsboden (J): 1133	Boden aus Karbonatgesteinsschutt mit beginnender Bodenentwicklung. Der Humushorizont fehlt noch.
Humus-Silikatboden (S): 1211, 1212	Humoser bis rohhumoser Oberboden über unentwickeltem, silikatischem Ausgangsmaterial.
Humus-Mischgesteinsboden (D): 1222, 1223	Humoser bis rohhumoser Oberboden über rohem Mischgestein.
Humus-Karbonatsgesteinsboden (C): 1233	Humoser bis mullhumoser Oberboden über rohem Karbonatgestein.
Regosol (O): 1322	Wenig entwickelter, meist flachgründiger Boden; Humushorizont über wenig bis nicht verwittertem Muttermaterial (Mischgestein); häufig karbonatreich.
Fluvisol (F): 1322, PA	Wenig entwickelter Boden aus geschichtetem Schwemmmaterial (Alluvium).
Rendzina (R): 1323, MM	Ähnlich Regosol, aber aus Karbonatgestein entstanden; schwarz-grauer, mullhumoser Oberboden (oft sehr mächtig) über wenig bis nicht verwittertem Muttermaterial.
Kalkbraunerde (K): 1353	Boden mit Humus- und Verwitterungshorizont; karbonathaltig bis zur Oberfläche.
Braunerde (B): 1352	Humus- und Verwitterungshorizont teilweise oder ganz karbonatfrei; neutral bis schwach sauer, hohe Basensättigung, Name von der braunen Farbe herrührend.
Parabraunerde (T): 1355	Ähnlich Braunerde, aber Tonverlagerung vom Ober- in den Unterboden; dadurch im oberen Profilteil meist schwach gebleichter Tonauswaschungshorizont und darunter rötlich-brauner Tonanreicherungshorizont; karbonatfrei; neutral bis sauer.

Saure Braunerde (E): 1351	Unterscheidet sich von der Braunerde durch tieferes pH (pH $CaCl_2$ ≤ 5) und geringere Basensättigung beziehungsweise höhere Al-Aktivität im B-Horizont.
Eisenpodzol (P): 1368	Saurer bis stark saurer Boden; Auswaschung von Eisen und Huminstoffen; dadurch im oberen Profilteil gebleichter, aschefarbener Auswaschungshorizont und darunter intensiv rostfarbener bis schwarzbrauner Anreicherungshorizont; häufig Rohhumusbildung.
Humuspodzol (H): 1360	Stark saurer Boden mit Huminstoffverlagerung von der Rohhumusauflage durch den aschefarbenen Auswaschungshorizont zum schwarzbraunen Huminstoffeinwaschungshorizont. Kein oder nur schwacher Fe-Einwaschungshorizont vorhanden.
Braunpodzol (Q): 1361	Ähnlich Eisenpodzol, aber Auswaschungshorizont nur schwach sichtbar; Unterboden wie Saure Braunerde.
Phäozem (Z): 2342	Schwarzerdeartiger Boden in Gebieten mit stark negativer klimatischer Wasserbilanz. Oberboden dunkelgrau, mullhumos, gut strukturiert. Unterboden mit aggregiertem Gefüge. Klasse „Selten perkoliert".

Stauwassergeprägte Böden

Braunerde-Pseudogley (Y): 4352	Oberhalb 40 cm unter Terrain (u.T.) ähnlich wie bei der Braunerde; zwischen 40 und 60 cm u.T. starke Anzeichen von Staunässe (starke Rostfleckung).
Pseudogley (I): 4376	Auch oberhalb 40 cm u.T. häufig durch Stauwasser vernässt (starke Rostfleckung).

Grund- oder hangwassergeprägte und periodisch überschwemmte Böden

Braunerde-Gley (V): 6352	Oberhalb 40 cm u.T. ähnlich wie bei der Braunerde; zwischen 40 und 60 cm u.T. beginnen starke Vernässungsanzeichen (starke Rostfleckung).
Buntgley (W): 6376	Periodische Vernässung durch Grund- oder Hangwasser bewirkt, dass die starke Rostfleckung weniger als 40 cm u.T. beginnt und bis mindestens 60 cm u.T. vorhanden ist.
Fahlgley (G): 6386	Dauernässe oberhalb von 60 cm u.T. beginnend. Meist mit Humusanreicherung zum Beispiel anmoorig, antorfig oder mullhumos.
Halbmoor (N): 6582	Organischer Nassboden mit stark mineralisiertem Oberboden und / oder mineralischen Zwischenschichten; Vernässungsgrad abhängig vom Grundwasserstand.
Moor (M): 6592	Organischer Nassboden mit sehr wenig Mineralerdebeimengungen.
Aueboden (A): 8322	Periodisch überschwemmter Boden; durch verschiedene Ablagerungen geschichtetes Bodenprofil, Vernässungsgrad abhängig vom Grundwasserstand. Klasse „Periodisch überschwemmt".

5.2 Untertypen

Zur näheren Umschreibung der Bodentypen und zur Hervorhebung bestimmter Bodeneigenschaften werden Untertypen verwendet (Tab. 5.2a). Die meisten Untertypenbezeichnungen nehmen Bezug auf Wasserhaushalt, Bodenreaktion, Gefüge, Profilschichtung oder Art und Menge der organischen Substanz. Der gleiche Boden kann mehrere Untertypenbezeichnungen erhalten.

Tabelle 5.2a. Boden-Untertypen und ihre Kürzel (ausführliche Beschreibung siehe FAP 1992a)

Code	Bedeutung		Code	Bedeutung	Code	Bedeutung
P	**Profilschichtung/-umlagerung**		**F**	**Verteilung des Fe-Oxids**	**R**	**Fremdnässe dauernd**
PE	erodiert		FB	verbraunt	R1	schwach grundnass
PK	kolluvial		FP	podsolig	R2	grundnass
PM	anthropogen		FE	eisenhüllig	R3	stark grundnass
PA	alluvial		FQ	quarzkörnig	R4	sehr stark grundnass
PU	überschüttet		FM	marmoriert	R5	sumpfig
PS	auf Seekreide		FK	konkretionär		
PP	polygenetisch		FG	graufleckig	**D**	**Drainage**
PL	aeolisch		FR	rubefiziert	DD	drainiert
PT	mit Torfzwischenschicht(en)					
PD	stark durchlässiger Untergrund		**Z**	**Gefügezustand**	**M**	**organische Substanz aerob**
			ZS	krümelig, bröcklig (stabil)	ML	rohhumos
V	**Verwitterungsart / extreme Körnung**		ZK	klumpig	MF	modrighumos
			ZT	tonhüllig	MA	humusarm
VL	lithosolisch (< 10 cm u.T.)		ZV	vertisolisch	MM	mullhumos
VF	auf Fels (10 - 60 cm u.T.)		ZL	labilaggregiert	MH	huminstoffreich
VU	kluftig		ZP	pelosolisch		
VA	karstig				**O**	**organische Substanz hydromorph**
VB	blockig		**L**	**Lagerungsdichte**		
VK	psephitisch (extrem kiesig)		L1	locker	OM	anmoorig
VS	psammitisch (extrem sandig)		L2	verdichtet	OS	sapro-organisch
VT	pelitisch (extrem feinkörnig)		L3	kompakt	OA	antorfig
			L4	verhärtet	OF	flachtorfig
E	**Säuregrad**	pH $CaCl_2$			OT	tieftorfig
E0	alkalisch	> 6,7	**I**	**Staunässe**		
E1	neutral	6,2 - 6,7	I1	schwach pseudogleyig	**T**	**Typenausprägung**
E2	schwach sauer	5,1 - 6,1	I2	pseudogleyig	T1	schwach ausgeprägt
E3	sauer	4,3 - 5,0	I3	stark pseudogleyig	T2	ausgeprägt
E4	stark sauer	3,3 - 4,2	I4	sehr stark pseudogleyig	T3	degradiert
E5	sehr stark sauer	< 3,3				
			G	**Fremdnässe wechselnd**	**H**	**Horizontierung**
K	**Karbonatgehalt**		G1	grundfeucht	HD	diffus
KE	teilweise entkarbonatet		G2	schwach gleyig	HA	abrupt horizontiert
KH	karbonathaltig		G3	gleyig	HU	unregelmässig horizontiert
KR	karbonatreich		G4	stark gleyig	HB	biologisch durchmischt
KF	kalkflaumig		G5	sehr stark gleyig	HT	tiefgepflügt, rigolt
KT	kalktuffig		G6	extrem gleyig		
KA	natriumhaltig					

Neben der Hangneigung schränken Vernässungen die Nutzung von Böden am häufigsten ein. Deshalb wird in den folgenden Tabellen (5.2b bis 5.2d) ein gegenüber der „Klassifikation der Böden der Schweiz" (FAP 1992a) **erweiterter Rahmen angegeben, wie sich die verschiedenen Untertypen der Vernässung** in der Kartierpraxis abgrenzen lassen. Unterscheidungskriterien sind die morphologischen Merkmale von Sauerstoffmangel (Redoxschwankungen), wie sie an Bodenprofilen in Gruben oder an Bohrkernen zu beobachten sind. Hilfreich sind auch Grundwasserstandsmessungen. Diese Untertypen wiederum sind es, die in Bodenkartierungsprojekten zusammen mit der Gründigkeit die Wasserhaushaltsgruppe eines Standortes (Kap. 5.3) ergeben. In der Standortbeurteilung (Kap. 9, 10 und 11) bildet die Wasserhaushaltsgruppe das wichtigste Kriterium.

Bei drainierten Böden kann die aktuelle Vernässung anhand der Morphologie häufig nur ungenügend beurteilt werden. Hinweise geben dann Beobachtungen in Drainageschächten und Wasserstandsmessungen (zum Beispiel in Bohrlöchern) sowie Vegetationsbeobachtungen.

Tabelle 5.2b. Boden-Untertypen bei Vernässung durch Stauwasser (I), charakterisiert durch Intensität und Lage der Merkmale von Sauerstoffmangel im Bodenprofil resp. durch Mächtigkeit (M) und Obergrenze (O) der Hydromorphiehorizonte

Untertyp		cn oder (g)		g		gg	
		M	O	M	O	M	O
I1	schwach pseudogleyig	> 20 cm	0 - 60 cm u.T.	> 20 cm oder ≤ 20 cm	60 - 90 cm u.T. 0 - 60 cm u.T.	> 20 cm oder ≤ 20 cm	unterhalb 90 cm u.T. 60 - 90 cm u.T.
I2	pseudogleyig			> 20 cm	0 - 60 cm u.T.	> 20 cm oder ≤ 20 cm	60 - 90 cm u.T. 0 - 60 cm u.T.
I3	stark pseudogleyig					> 20 cm	40 - 60 cm u.T.
I4	sehr stark pseudogleyig					> 20 cm	0 - 40 cm u.T.

Wenn die Hydromorphiemerkmale eines Bodenprofils auf mehrere Untertypen zutreffen, ist der unterste davon zu wählen. Bei I1 und I2 genügt es, wenn nur eine von zwei angegebenen Bedingungen bezüglich M und O erfüllt ist.

Die Braunerde-Pseudogleye stellen den Hauptteil der Böden des Untertyps „stark pseudogleyig". Die Pseudogleye stellen den Hauptteil der Böden des Untertyps „sehr stark pseudogleyig".

Tabelle 5.2c. Boden-Untertypen bei wechselnder Vernässung durch Grund- und Hangwasser (G), charakterisiert durch Intensität und Lage der Merkmale von Sauerstoffmangel im Bodenprofil.

Untertyp	Obergrenze g-Horizont		Obergrenze gg-Horizont
G1 grundfeucht	90 - 120 cm u.T.	und	unterhalb 120 cm u.T. (falls vorhanden)
G2 schwach gleyig	60 - 90 cm u.T.	oder	90 - 120 cm u.T.
G3 gleyig	0 - 60 cm u.T.	oder	60 - 90 cm u.T.
G4 stark gleyig			40 - 60 cm u.T.
G5 sehr stark gleyig			20 - 40 cm u.T.
G6 extrem gleyig			0 - 20 cm u.T.

Wenn die Hydromorphiemerkmale eines Bodenprofiles auf mehrere Untertypen zutreffen, ist der unterste davon zu wählen. Bei G2 und G3 genügt es, wenn nur eine der Bedingungen erfüllt ist.

Die Braunerde-Gleye stellen den Hauptteil der Böden des Untertyps „stark gleyig". Die Buntgleye stellen den Hauptteil der Böden des Untertyps „sehr stark gleyig". Die Fahlgleye stellen den Hauptteil der Böden des Untertyps „extrem gleyig".

Tabelle 5.2d. Boden-Untertypen bei dauernder Vernässung durch Grund- oder Hangwasser (R), charakterisiert durch die Obergrenze des r-Horizontes und / oder den zugehörigen Grundwasserspiegel (Organischen Nassböden werden R-Stufen zugeteilt).

Untertyp	Obergrenze des r-Horizontes	entsprechender Grundwasserspiegel
R1 schwach grundnass	90 - 120 cm u.T.	selten unterhalb 120 cm u.T.
R2 grundnass	60 - 90 cm u.T.	selten unterhalb 90 cm u.T.
R3 stark grundnass	30 - 60 cm u.T.	selten unterhalb 60 cm u.T.
R4 sehr stark grundnass	10 - 30 cm u.T.	selten unterhalb 30 cm u.T.
R5 sumpfig	oberhalb 10 cm u.T.	selten unterhalb 10 cm u.T.

Beim Grundwasserspiegel gilt der unterste Untertyp, für den die Bedingung erfüllt wird.

5.3 Wasserhaushalt / Pflanzennutzbare Gründigkeit

5.3.1 Art und Grad der Vernässung

Als Vernässung bezeichnet man die Bildung von Bodennässe, bedingt durch Grund- beziehungsweise Hangwasser (seitliches Zufliessen von Wasser ins Bodenprofil; Fremdnässe) oder Stauwasser (direktes Niederschlagswasser; Staunässe). Dieser Zustand hoher Wassersättigung des Bodens in Verbindung mit Luftmangel kann sich sowohl auf die pflanzliche Produktion als auch auf die Bewirtschaftung (Befahrbarkeit, Bearbeitbarkeit usw.) nachteilig auswirken. Zudem bilden Art und Grad der Vernässung das oberste Kriterium bei der Bodenklassifikation (FAP 1992a). Deshalb ist es sehr wichtig, dass Vernässungsart und -grad am Profil exakt erfasst werden. Für die Erkennung und Einteilung der Vernässung spielen hauptsächlich Hydromorphiemerkmale der Bodenhorizonte, Reliefverhältnisse, Grundwasserstand und (eventuell) Zeigerpflanzen eine Rolle.

Vernässung durch Grund- / Hangwasser und Überschwemmungen

Als Grundwasser bezeichnet man Wasser, das die Poren des Bodens (meist im Untergrund) zusammenhängend ausfüllt und einen Grundwasserspiegel bildet, wobei dieses Wasser im Profil ständig oder zeitweise vorhanden sein kann. Der Grundwasserstand kann an Profilgruben oder Bohrlöchern gemessen werden. Dabei soll der mittlere Grundwasserstand bestimmt werden; dieser befindet sich oft innerhalb des Bgg-Horizonts. Es ist aber zu beachten, dass nicht bei allen Böden die Hydromorphiemerkmale gleich gut zum Ausdruck kommen (zum Beispiel Moorböden). Zudem besteht bei künstlich drainierten Böden häufig keine Beziehung mehr zwischen morphologischen Grundwassermerkmalen und dem heutigen Grundwasserstand. In diesen Fällen sind wiederholte Grundwassermessungen nötig (eventuell können auch Zeigerpflanzen Hinweise geben).

Vernässung durch Stauwasser

Unter Stauwasser versteht man eine zeitweilige Wasseranreicherung infolge schlecht durchlässiger Bodenschichten, wobei dieses Wasser stagniert, kaum seitlich fliesst und seine Entstehung den an Ort und Stelle gefallenen Niederschlägen verdankt. Der Staunässegrad hängt somit ab vom Niederschlagshaushalt, der Durchlässigkeit des Staukörpers und dessen Tiefenlage sowie dem Wasserverbrauch der Vegetation. Diese Faktoren bestimmen den Anstieg und die Verweildauer des Stauwassers. Charakteristisch bei Stauwasserböden ist der Wechsel zwischen Vernässung und Austrocknung. Je nachdem welche Phase während der Vegetationsperiode dominiert, spricht man von wechseltrocken (Trockenphase länger als Nassphase) oder wechselnass (Nassphase länger als Trockenphase).

Anmerkung:

Es fällt häufig schwer, Fremd- und Staunässe an einem Standort zu unterscheiden, denn es gibt auch Böden, die durch Grund- **und** Stauwasser beeinflusst sind. So bilden zum Beispiel tonige, kompakte Gleye Zwischenformen zwischen Gley und Pseudogley, während Pseudogleye mit einer sehr langen Nassphase zu den Gleyen überleiten. Hangwasserbeeinflusste Böden sollten den Gleyen zugeteilt werden. Vereinfacht kann man Gleye als "Senkenböden" mit permanenter Unterbodenvernässung bezeichnen, während Pseudogleye "Plateauböden" mit temporärer Vernässung sind.

5.3.2 Pflanzennutzbare Gründigkeit und Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser

Für die land- und forstwirtschaftliche Pflanzenproduktion ist das Wasserspeichervermögen eines Bodens von grösster Bedeutung. Vor allem das Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser (100 - 1000 hPa Saugspannung) ist eine wichtige Kenngrösse der normal durchlässigen Böden. Ein ungefähres Mass des Speichervermögens für leicht verfügbares Wasser ist die pflanzennutzbare Gründigkeit. Unter pflanzennutzbarer Gründigkeit versteht man die Mächtigkeit des durchwurzelbaren Teils eines Bodens. Sie wird ermittelt, indem von der Durchwurzelungstiefe Skelett und verdichtete oder ständig wassergesättigte Zonen (Tab. 5.3a) abgerechnet werden. So weist ein tiefgründiger Boden (70 - 100 cm) ein Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser von ungefähr 70 - 100 mm, beziehungsweise 70 - 100 l / m² auf (Tab. 5.3b). Genaue Werte erhält man über die Bestimmung der Porenverhältnisse im Labor (Schweizerische Referenzmethoden Band 2, FAL 1996)

Tabelle 5.3a. Schätzungsrahmen zur Bestimmung der pflanzennutzbaren Gründigkeit von Vernässungshorizonten.

Grad der Vernässung des Horizontes	Mächtigkeits-Korrekturfaktor zur Bestimmung der pflanzennutzbaren Gründigkeit
cn oder (g)	0,8 bis 1,0
g	0,5 bis 0,8
gg	0,1 bis 0,5
r	0,0 bis 0,1

Gefügequalität und / oder Lagerungsdichte des Horizontes bestimmen den genaueren Wert des Korrekturfaktors innerhalb der angegebenen Wertbereiche.

Tabelle 5.3b. Pflanzennutzbare Gründigkeit und Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser (angenähert)

Pflanzennutzbare Gründigkeit				Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser bei mittelschweren Böden (10 - 30 % Ton)			
Code	Bedeutung	Abkürzung	cm	Code	Bedeutung	Abkürzung	mm oder Liter / m²
0	extrem tiefgründig	etg	> 150	0	extrem gross	eg	> 150
1	sehr tiefgründig	stg	100 - 150	1	sehr gross	sg	100 - 150
2	tiefgründig	tg	70 - 100	2	gross	g	70 - 100
3	mässig tiefgründig	mtg	50 - 70	3	mittel	m	50 - 70
4	ziemlich flachgründig	zfg	30 - 50	4	klein	k	30 - 50
5	flachgründig	fg	10 - 30	5	sehr klein	sk	10 - 30
6	sehr flachgründig	sfg	< 10	6	extrem klein	ek	- 10

5.3.3 Bodenwasserhaushaltsgruppen

Vernässungsart und -grad bestimmen zusammen mit der pflanzennutzbaren Gründigkeit die landwirtschaftliche Eignung in hohem Masse. So hat sich in der Kartierpraxis der FAP / FAL das im folgenden dargestellte System von Bodenwasserhaushaltsklassen und -gruppen bewährt. Es stellt eine Ergänzung des Klassifikationssystems (FAP 1992a) für die spezifischen Bedürfnisse der anwendungsorientierten Bodenkartierung dar (für Land- und Forstwirtschaft, Raumplanung usw.).

Es werden **drei Bodenwasserhaushaltsklassen** unterschieden:

- Senkrecht durchwaschene (= perkolierte) Böden
- Durch Stauwasser geprägte Böden
- Durch Grund- oder Hangwasser geprägte Böden

Die weitere Unterteilung der drei Wasserhaushaltsklassen in **neun Gruppen** stützt sich wesentlich auf das Vorhandensein beziehungsweise die Tiefenlage und den Ausprägungsgrad von Vernässungsanzeichen im Bodenprofil ab (Tab. 5.3c).

Die Bodenwasserhaushaltgruppen werden je nach pflanzennutzbarer Gründigkeit weiter unterteilt. Das ergibt insgesamt **25 Untergruppen**, die mit den Buchstabencodes a bis z bezeichnet sind. Jede Untergruppe umfasst dann nur noch Bodenformen, die bezüglich einer nachhaltigen Nutzung ähnlich zu beurteilen sind (gleiche Relieflage vorausgesetzt).

Tabelle 5.3c. Übersicht über die Bodenwasserhaushalts(unter-)gruppen, in Abhängigkeit von Vernässungsgrad (Untertyp) und pflanzennutzbarer Gründigkeit (Tab 5.2b bis 5.2d, 5.3a bis 5.3b)

Untertypen	Pflanzennutzbare Gründigkeit						Wasserhaushaltsklasse	Wasserhaushaltsgruppe
	stg	tg	mtg	zfg	fg	sfg		
-, I1, G1, G2	a	b	c	d	e		senkrecht	normal durchlässig
I2	f		g	h	i		durch-	stauwasserbeeinflusst
G3, R1	k		l	m	n		waschen	grund- oder hangwasserbeeinflusst
I3, I4	-	o		p		-	stauwasser-	selten bis zur Oberfläche porengesättigt
I4	-	-	-	q	r		geprägt	häufig bis zur Oberfläche porengesättigt
R2, R1 **G4**, G5	-	s	t	u		-	grund-	selten bis zur Oberfläche porengesättigt
R3, R2 **G5**, **G6**, G4	-	-	v	w		-	oder	häufig bis zur Oberfläche porengesättigt
G5, G6 **R4**, R2, R3	-	-	-	x	y		hangwasser-	meist bis zur Oberfläche porengesättigt
R5, R4	-	-	-	-	-	z	geprägt	dauernd bis zur Oberfläche porengesättigt

fett : typische Wasserhaushaltsgruppen-Einteilung des Untertyps

Normalschrift : weitere mögliche Einteilung des Untertyps

\- : Kombination von Untertyp und Gründigkeit, die selten bis nie vorkommt

SENKRECHT DURCHWASCHENE BÖDEN

Überschüssiges Niederschlagswasser kann mehr oder weniger ungehindert versickern. Diese Böden sind nicht oder nur schwach von Stauwasser beziehungsweise Grund- oder Hangwasser beeinflusst. Die Stoffverlagerung vom Oberboden in den Unterboden ist möglich.

Häufige Bodentypen: Braunerde, Parabraunerde, Saure Braunerde, Kalkbraunerde, Regosol, Rendzina, Fluvisol und Podzol.

Die senkrecht durchwaschenen Böden werden in **drei Gruppen** unterteilt:

Normal durchlässige Böden

Aufgrund der hohen Wasserdurchlässigkeit kann überschüssiges Wasser praktisch ungehindert in den Untergrund versickern. Die Versorgung dieser Böden mit Sauerstoff ist gut. Es sind keine beziehungsweise nur geringe Vernässungen durch Stauwasser (Untertyp: **schwach pseudogleyig**) oder Grund- / Hangwasser (Untertypen: **grundfeucht, schwach gleyig**) vorhanden.

Die weitere Unterteilung erfolgt nach der pflanzennutzbaren Gründigkeit als wichtigem Faktor für das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen (Kap. 5.3.2).

- a sehr tiefgründig
- b tiefgründig
- c mässig tiefgründig
- d ziemlich flachgründig
- e flachgründig und sehr flachgründig

Stauwasserbeeinflusste Böden

Bei dieser Gruppe weisen einzelne Bodenpartien, meistens die unteren Wurzelbereiche, eine gehemmte Wasserdurchlässigkeit auf (höhere Lagerungsdichte, ungünstige Bodenstruktur, hoher Tongehalt und andere), was zu periodischer Sättigung mit Sickerwasser, das heisst zu Sauerstoffmangel, führt. Diese Böden sind vom Untertyp **pseudogleyig**.

- f tiefgründig und sehr tiefgründig
- g mässig tiefgründig
- h ziemlich flachgründig
- i flachgründig und sehr flachgründig

Grund- oder hangwasserbeeinflusste Böden

Zufliessendes Grund- oder Hangwasser führt im Unterboden beziehungsweise im unteren Wurzelbereich zu periodischem Wasserüberschuss und kurzzeitiger Porensättigung. Diese Böden sind vom Untertyp **gleyig**.

- k tiefgründig und sehr tiefgründig
- l mässig tiefgründig
- m ziemlich flachgründig
- n flachgründig und sehr flachgründig

STAUWASSERGEPRÄGTE BÖDEN

Diese Böden stehen unter dem dominanten Einfluss von Stauwasser. Infolge hoher Lagerungsdichte, ungünstiger Bodenstruktur, hohem Tongehalt oder geologischem Schichtwechsel ist die Wasserdurchlässigkeit deutlich gehemmt. Nach ausgiebigen Niederschlägen sind solche Böden während längerer Zeit vernässt. Überschüssiges Regenwasser fliesst vermehrt oberhalb der Stauwasserzone seitlich ab, häufig sogar oberflächlich. Während Trockenperioden entstehen bei tonig-mergeligen Ausgangsmaterialien tiefe Schwund- beziehungsweise Trockenrisse im Bodenkörper, die zu einem ausgeprägten Prismengefüge führen.

Die Obergrenze starker Vernässungsanzeichen beziehungsweise Rostfleckung (Horizontsymbol gg) liegt oberhalb 60 cm unter Terrain (Untertypen: **stark pseudogleyig, sehr stark pseudogleyig**).

Häufige Bodentypen: Braunerde-Pseudogley und Pseudogley

Die Klasse der stauwassergeprägten Böden wird in **zwei Gruppen** unterteilt:

Selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

Die Vernässung beschränkt sich auf den Unterboden. Der Oberboden ist vergleichbar mit demjenigen von normal durchlässigen Böden; er zeigt keine Vernässungsanzeichen. Die Böden sind meistens vom Untertyp **stark pseudogleyig,** selten: **sehr stark pseudogleyig**.

- o mässig tiefgründig bis tiefgründig
- p ziemlich flachgründig und flachgründig

Häufig bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

Auch der Oberboden zeigt Vernässungsanzeichen (Horizontsymbol Ahg oder Ahgg). Die Böden sind meistens vom Untertyp **sehr stark pseudogleyig**.

- q ziemlich flachgründig
- r flachgründig und sehr flachgründig

GRUND- ODER HANGWASSERGEPRÄGTE BÖDEN

Diese Böden stehen unter dem dominanten Einfluss von Grund- oder Hangwasser. Je nach Vernässungsgrad tritt eine periodische bis dauernde Wassersättigung im Unter- beziehungsweise Oberboden auf. Luftmangel in den periodisch wasserführenden Bodenbereichen führt zur Ausbildung von stark rostfleckigen Horizonten (Oxidationszone); andauernde Porensättigung zu fahlgrauen Bodenhorizonten (Reduktionszone). Oft besitzen diese Böden anmoorige Humusformen.

Die Obergrenze starker Vernässungsanzeichen beziehungsweise Rostfleckung (Horizontsymbol gg) liegt oberhalb 60 cm unter Terrain (Untertypen: **stark gleyig bis sumpfig**).

Häufige Bodentypen: Braunerde-Gley, Buntgley, Fahlgley, Halbmoor, Moor.

Die Klasse der grund- / hangwassergeprägten Böden wird gemäss der Oberbodenvernässung in **vier Gruppen** unterteilt. Zusätzlich wird in Kartendarstellung und Legende zwischen mineralischen und organischen Böden unterschieden:

Selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

Die Vernässung beschränkt sich auf den Unterboden. Der Oberboden ist vergleichbar mit demjenigen von normal durchlässigen Böden; er zeigt höchstens unbedeutende Vernässungsanzeichen.

s tiefgründig

t mässig tiefgründig

u ziemlich flachgründig und flachgründig

Häufig bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

Der Oberboden ist oft porengesättigt und zeigt schwache Vernässungsanzeichen (Horizontsymbol Ahg).

v mässig tiefgründig

w ziemlich flachgründig und flachgründig

Meist bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

Im Oberboden sind nur noch die Grobporen häufig durchlüftet. Mittelporen werden nur in Trockenperioden teilweise entwässert. Starke Vernässungsanzeichen zeigen diesen Zustand an (Horizontsymbol Aa, Agg, Tf).

x ziemlich flachgründig

y flachgründig und sehr flachgründig

Dauernd bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

Der Oberboden ist das ganze Jahr mit Grund- oder Kapillarwasser gesättigt. Höchstens die Grobporen werden noch kurzzeitig entwässert. Pflanzenrückstände werden kaum mehr zersetzt (Horizontsymbol Ar, Tl, Tf).

z sehr flachgründig

Anmerkung:

In den sehr trockenen und teilweise in den mässig trockenen Klimazonen der Schweiz (Abb. 9.2a) ist zusätzlich zu den drei erwähnten Wasserhaushaltsklassen auch noch die Klasse „selten perkoliert“ zu führen.

Teil II BODENKARTIERUNG

Projektvorbereitung

6.1 Projektformulierung und -planung

6.2 Grundlagenbeschaffung

6.3 Übersichtsbegehung

6.4 Luftbildauswertung

Teil II BODENKARTIERUNG

6 Projektvorbereitung

6.1 Projektformulierung und -planung

Übersicht über den Kartierablauf

Die schematische Übersicht über den Ablauf einer Bodenkartierung (Abb. 6.1a) gilt für Detailkartierungen und für Kartierungen im Massstab 1:25'000. Es gibt allerdings bezüglich Wichtigkeit und Ausführung der einzelnen Schritte Unterschiede, worauf in den betreffenden Abschnitten hingewiesen wird. Die im Übersichtsschema aufgeführten Schritte werden nachfolgend beschrieben.

Projektvorbereitung	**Zielsetzung**	Projektformulierung
	Grundlagen-beschaffung	Topographische, geologische Karten und Pläne, bestehende Bodenkarten, Luftbilder, Literatur usw.
	Übersichtsbegehung / Konzeptkarte	Grobaufnahme des Bodeninventars (Aufschlüsse, Bohrungen)
Feldarbeiten	**Profilaufnahme**	Wahl der Profilstandorte, Beschreibung und Probenahme, Laboranalysen
	Arbeitslegende	Liste der vorkommenden Böden
	Kartierung	Abgrenzen der Bodeneinheiten im Feld, Legendenergänzungen falls nötig
	Feldkarte	
Darstellung der Ergebnisse	**Bereinigung**	Bodengrenzen und Legende
	Bodenkarte	mit Erläuterungen, Interpretationen und Auswertungen

Abbildung 6.1a. Übersicht über den Ablauf einer Bodenkartierung

Vor der Durchführung eines Kartierungsprojektes sind alle wichtigen Punkte zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer zu besprechen und allenfalls in einem Vertrag festzuhalten

(Auftragsspezifikation). Insbesondere sind die Bedürfnisse des Auftraggebers in Bezug auf die Auswertungsziele und die Darstellungsform der Ergebnisse abzuklären.

Auftragsspezifikation

• Kartierungsperimeter:	Fläche in Hektaren
• Arbeitsunterlagen:	Pläne Luftbilder, Orthofotos Werkleitungspläne
• Finanzielles:	Kostenvoranschlag für Auftraggeber
• Termine:	Vorbereitungsarbeiten Feldarbeiten Feldkarten zum Beispiel als Unterlagen für Bonitierungen Schlussbericht inkl. Boden- und Auswertungskarte(n)
• Darstellungsform der Ergebnisse:	Massstab konventionell oder mit EDV (GIS) Anzahl Exemplare; farbig oder schwarz-weiss statistische Auswertungen von Karten
• Informationsbedarf:	Öffentlichkeit Landeigentümer Interessierte

Mögliche Auswertungsziele

- landwirtschaftliche Nutzungseignung
- Bodenbewertung (Bodenpunktzahl)
- Meliorationsvorschläge
- Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen
- Erosionsrisiko
- Verdichtungsrisiko
- Ausscheidung von landwirtschaftlichem Vorranggebiet (zum Beispiel Fruchtfolgeflächen)

Planungspunkte des Auftragnehmers

- ungefähre Anzahl Profile beziehungsweise Bohrungen
- Anzahl Bodenproben für Laboruntersuchungen
- Einsatzplan für Kartierer
- Einsatz der Infrastruktur (Labor, Zeichnungsbüro)
- Materialbedarf (Pflöcke, Bohrgeräte usw.)
- Auftragsspezifische Anforderungen
  (Feldexperimente, spezielle Laboruntersuchungen usw.)
- und andere

Auftraggeber

Aufträge für Bodenkartierungen stammen zum grössten Teil von der öffentlichen Hand. Oft sind es beispielsweise öffentlich-rechtliche Körperschaften, die im Rahmen von Meliorationsmassnahmen detaillierte Bodenkarten wünschen, oder politische Gemeinden, die die gesetzlichen Bestimmungen eines kantonalen Raumplanungsgesetzes zu vollziehen haben. Regionale Kartierungen im Massstab 1:25'000 werden eher von kantonalen Stellen in Auftrag gegeben. Aber auch private Büros können Kartierungen (zum Beispiel bei Umweltverträglichkeitsprüfungen), wenn sie diese nicht selbst durchführen, weiter vergeben.

Auftraggeber, die mit Boden und Bodenkartierung weniger vertraut sind, sollen mindestens einmal bei der Kartierarbeit im Feld dabei sein und sobald als möglich einen Kartenentwurf samt Interpretation zur Stellungnahme erhalten.

Auftragnehmer

Seit Ende der sechziger Jahre führte die Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau Reckenholz (FAP) sowie einige private Ingenieurbüros Bodenkartierungen in fast allen Kantonen durch. Dabei nahm die FAP auch Projektaufträge von öffentlichen Körperschaften an. Die Projektausführung diente ihr gleichzeitig zur methodischen Entwicklung der Bodenkartierung für schweizerische Verhältnisse. Die Eidgenössische Forschungsanstalt Changins - Nyon (RAC) unterstützte die FAP in der Projektbearbeitung in der welschen Schweiz.

Ab 1996 wandelte sich die FAP zur neu strukturierten Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) mit zum Teil neuen Aufgaben. Die Methodenentwicklung zur Bodenkartierung wurde zu einem vorläufigen Abschluss gebracht. Die Forschungsanstalten führen keine Projekte im Auftragsverhältnis mehr aus. Ausnahmen können übergeordnete Expertenprojekte (Gutachten) bilden. Private Ingenieurbüros, mit teilweise stärkerer kantonaler Fachunterstützung, nehmen die Aufgabe als Auftragnehmer ausschliesslich wahr. Die FAL wird in angemessenem Umfang die methodische Entwicklung der Bodenkartierungen weiterführen.

6.2 Grundlagenbeschaffung

Alle Karten, Pläne, Berichte oder Bücher, die Angaben über die Bodenbildungsfaktoren und die Bodenmerkmale im Kartierungsgebiet und seiner Umgebung enthalten, können von Nutzen sein (Tab. 6.2a).

Tabelle 6.2a. Grundlegende Informationen für ein Bodenkartierungsprojekt

Grundlagen	Bodenbildungsfaktor	Auswertung für Bodenkartierung
Atlas der Schweiz	diverse	Übersicht
Geologische Karten Geotechnische Karten Hydrogeologische Karten	Muttermaterial	• Zuordnung der Bodeneinheiten zu Substraten (Legende) • Profilstandorte
Temperaturreihen Niederschlagsmengen Klimaeignungskarte 1:200'000 Wärmegliederungskarte 1:200'000	Klima	klimatische Charakterisierung
Landeskarten der Schweiz 1:25'000 Luftbilder Hangneigungskarten Geomorphologische Karten Digitale Geländemodelle	Relief	Abgrenzung von physiographischen Landschaftselementen Profilstandorte
alte Landeskarten 1:25'000 "Siegfriedatlas" 1:50'000 Werkleitungspläne	Mensch	Veränderungen durch menschliche Eingriffe
Arealstatistik	Mensch	Bodennutzung
Vegetationskarten	Vegetation	provisorische Grenzen
Grundwasserkarten	Wasser	Abgrenzung von grundwasserbeeinflussten Gebieten
Bodeneignungskarte 1:200'000, Bodenkarten benachbarter Gebiete (inkl. Profilblätter)	alle	provisorische Bodengrenzen Übernahme von Bodeneinheiten in die Legende

Das Ergebnis der Grundlagenauswertungen kann in Form einer oder mehrerer Kartenskizzen (zum Beispiel Aufleger) dargestellt werden. Sie dienen der Gebietsübersicht sowie dem Verständnis der Landschaftsentstehung, oder können zusammen mit den Erkenntnissen der Übersichtsbegehung (Kap. 6.3) zu einer **Konzeptkarte** verarbeitet werden. Eine Konzeptkarte enthält bereits Angaben zur Bodenentstehung und zu wichtigen Bodeneigenschaften; auf sie kann man sich bei der Feldarbeit wesentlich abstützen. Die Auswertung der Unterlagen fliesst ebenfalls beim Erheben des Bodeninventars ein.

6.3 Übersichtsbegehung

Teilweise gleichzeitig, teilweise nach dem Auswerten der Grundlagen (Tab 6.2a) wird mit einer Geländebegehung ein Überblick über die Bedeutung und die Variationsbreite der **Bodenbildungsfaktoren** gewonnen. Dazu dienen:

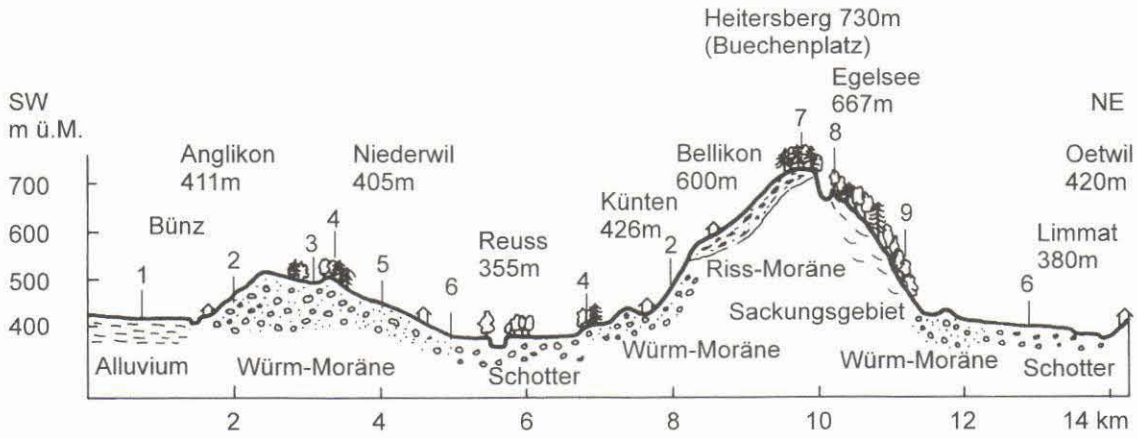
- pflanzensoziologische Beobachtungen, Landnutzung
- Aufschlüsse: Steinbrüche, Kiesgruben, Böschungen, Baugruben, Gräben, umgeworfene Bäume
- auffällige Oberflächeneigenschaften: Nassstellen, Erosionszonen, Rutschungen, hoher Humusgehalt, Torfsackungen (Drainage-Schächte), hoher Steingehalt, usw.

Um den Zusammenhang zwischen Bodeneigenschaften und Bodenbildungsfaktoren genauer untersuchen zu können, empfehlen sich gezielte Bohrungen zum Beispiel entlang einer Transsekte. Damit meint man eine Kette von Bohrungen, so dass in jedes physiographische Landschaftselement mindestens eine Aufnahme fällt (Abb. 6.3a).

Sämtliche Aufnahmen und Beobachtungen sind auf der Feldkarte (Kap. 7.3.3) einzutragen.

Bei grossflächigen Kartierungen kann eine **Testkartierung** eines Ausschnittes den Überblick verschaffen. Das Testgebiet soll geologisch und morphologisch für den ganzen Kartierungsperimeter oder Teile davon repräsentativ sein.

Am Ende dieser "Übersichtsphase" soll der gebietsspezifische Zusammenhang zwischen den Bodenbildungsfaktoren und der Ausprägung der Bodenmerkmale bekannt sein (Abb. 6.3a) und in einer Konzeptkarte dargestellt werden. Darauf stützt sich dann die Aufnahme des Bodeninventars mittels Profilgruben und Bohrungen ab.



Standort	Boden	Ausgangsmaterial	Landschaftselement
1	BUNTGLEY	Alluvium	Ebene
2	BRAUNERDE, z.T. schwach gleyig	Würm-Moräne	Steilhang
3	HALBMOOR, flachtorfig, sehr stark grundnass	Torf / Grundmoräne	Mulde
4	PARABRAUNERDE, sauer	Würm-Moräne	Rücken
5	BRAUNERDE, schwach pseudogleyig	Würm-Moräne	Flachhang
6	PARABRAUNERDE	Schotter	Talterrasse
7	SAURE BRAUNERDE, stark sauer, schwach pseudogleyig bis pseudogleyig	Riss-Moräne	Plateau
8	REGOSOL, karbonatreich	Deckenschotter	Kuppe
9	KALKBRAUNERDE, gleyig	Hanglehm, Kolluvium	Hangfuss

Abbildung 6.3a. Beispiel der Bodenabfolge entlang eines Landschaftsquerschnittes vom Bünztal zum Limmattal (aus FAP 1986)

6.4 Luftbildauswertung

In der Bodenkartierung helfen Luftbilder geübten Betrachterinnen und Betrachtern, Flächen mit bestimmten Bodenbildungsfaktoren beziehungsweise Bodeneigenschaften gegeneinander abzugrenzen. Zuverlässige qualitative Aussagen, wie etwa über Korngrössenzusammensetzung, Wasserhaushalt und Chemismus oder das Festlegen des Bodentyps, sind aber allein aufgrund von Luftbildern nicht möglich. Hierzu sind Geländeproben (Bohrungen) an Ort und Stelle unerlässlich. Auch ist das Luftbild eine Momentaufnahme, im Gegensatz zum Bodenprofil, das in seiner Horizontierung das Langzeit-Verhalten erkennen lässt.

Bei der Interpretation der Luftbilder stehen die **Analyse der Grau-** beziehungsweise **Farbtöne** (Kontraste) sowie bei stereoskopisch auswertbaren die **Reliefanalyse** im Vordergrund.

Farb- beziehungsweise Grautonanalyse

Farb- beziehungsweise Grautonunterschiede erleichtern vor allem das Auffinden und Abgrenzen von Nassböden und flachgründigen Böden (Tab. 6.4a). Wenn in einem geeigneten Testgebiet der Zusammenhang zwischen Grau- / Farbtönen und Bodenform geklärt ist, kann ein eigentlicher **Luftbildinterpretationsschlüssel** für die Bodenansprache geschaffen werden. Das richtige Zuordnen einer Teilfläche zu einer Bodeneinheit der Arbeitslegende (Kap. 7.2) setzt jedoch eine gründliche Felderfahrung voraus. Die Richtigkeit muss vom Kartierenden unbedingt im Feld überprüft werden (Stichproben).

Tabelle 6.4a. Luftbildinterpretationsschlüssel bezüglich Grauton-Kontraste

Grautöne im Vergleich zur Umgebung		korrelierte (Boden)eigenschaften
flächenhaft:	– hell	rauhe Oberfläche (Steine, Sand) trockene Standorte, flachgründige Böden
	– mittel	tiefgründige Böden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt
	– dunkel	Nassflächen
punkt-, linienförmig:	– hell	Steinlinsen, Erosionskanten, flachgründige Stellen
	– dunkel	Drainageleitungen, Quellaufstösse, vernässte Stellen

Reliefanalyse

Der Bodenbildungsfaktor Relief variiert in den meisten Landschaften der Schweiz ziemlich stark und prägt die Abgrenzungen auf der Bodenkarte sowie die nachfolgenden Auswertungen. Unter dem Stereoskop wird das Relief - allerdings in überhöhter Form - sichtbar und Teilflächen können abgegrenzt und physiographischen Landschaftselementen (Abb. 4.1b) zugeordnet werden.

Die Grenzen solcher Landschaftselemente stimmen kleinmassstäblich (1:25'000 und kleiner) mit den Bodengrenzen gut überein. Darüber hinaus stellt man innerhalb eines Landschafttyps meist enge Beziehungen zwischen der Art der Landschaftselemente und der Bodenausprägung fest.

Für Detailkartierungen (grösser als 1:10'000) genügt die Reliefanalyse nicht, um alle relevanten Bodengrenzen festlegen zu können. Kleine Reliefunterschiede können im Stereoskop nicht immer ausgemacht werden - im Gelände sind sie jedoch oft mit wichtigen Bodenunterschieden verbunden.

Feldarbeiten

7.1 Erhebung des Bodeninventars
- 7.1.1 Bodenprofile
- 7.1.2 Bohrungen

7.2 Arbeitslegende (Kartierschlüssel)
- 7.2.1 Codierung der Arbeitslegende
- 7.2.2 Bodenkartei

7.3 Kartierarbeit
- 7.3.1 Grundlegende Begriffe
- 7.3.2 Arbeitsunterlagen und Arbeitsgeräte
- 7.3.3 Die Feldkarte
- 7.3.4 Flächenkartierung
- 7.3.5 Variabilität von Boden- und Geländeform

7 Feldarbeiten

Die Feldarbeiten beinhalten die Auswahl und Beschreibung von Bodenprofilen beziehungsweise Bohrungen sowie die eigentliche Kartierarbeit im Gelände.

7.1 Erhebung des Bodeninventars

Unter Bodeninventar ist die möglichst lückenlose **Liste aller im Kartierungsperimeter vorkommenden Bodenformen** mit bedeutendem Flächenanteil zu verstehen. Das Bodeninventar setzt sich aus Beschreibungen neu aufgenommener Profile und Bohrungen sowie aus Beschreibungen von Profilen und von Bodeneinheiten bestehender Kartierungen im Perimeter und in angrenzenden Gebieten mit ähnlichen Bodenverhältnissen zusammen.

Bei grösseren Kartierungsprojekten ist es sinnvoll, vorerst ein provisorisches Inventar mittels Kartierung repräsentativer Testgebiete zu erheben. Für die Bodenkartierung im Massstab 1:25'000 können dafür vorhandene Detailkartierungen im entsprechenden Kartenblatt herangezogen werden.

7.1.1 Bodenprofile

Bei der Auswahl und beim Ausheben von Bodenprofilen sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

Standort:

- die Vielfalt der Bodenbildungsfaktoren **Relief**, **Muttermaterial, Vegetation** (Naturwiese und Acker) und **Klima** möglichst repräsentativ erfassen
- im Zentrum des zu charakterisierenden Landschaftselementes wählen
- Stellen meiden, die durch menschlichen Eingriff tiefgehende Veränderungen erfahren haben, ausgenommen da, wo sie so grossflächig vorkommen, dass sie für die Kartierung relevant werden (zum Beispiel drainierte Gebiete, rekultivierte Kiesgruben)
- genügend Abstand von Strassen, Wegen, Bahndämmen, Gräben, Bachläufen usw. einhalten (im allgemeinen mindestens 5 m)
- im Ackerland am Rand der Parzellen anlegen, um den Landschaden möglichst gering zu halten (aber nicht im Anhaupt)
- beim Einsatz von Grabmaschinen auch den Erschliessungsverhältnissen Rechnung tragen
- ACHTUNG: Werkleitungspläne beachten (Verlauf von elektrischen Leitungen, Telefonleitungen, Wasserleitungen, Drainagen usw.)

Grösse:

- Breite: 60 - 100 cm
  Länge: 200 cm
  Tiefe: bis zum C-Horizont, maximal 200 cm
- angepasst an besondere Verhältnisse und Anforderungen

Lage:

- Die Profilwand ist nach Süden auszurichten bzw. bergseits anzulegen

Verteilung:
- möglichst gleichmässige Verteilung über das Kartierungsgebiet (aber nicht systematisch)
- Detailkartierungen: - etwa 1 Profil pro 10 - 15 ha
  - gemäss Auftrag
- Bodenkarte 1:25'000: - etwa 1 Profil pro 100 - 150 ha beziehungsweise 100 - 150 Profile pro Kartenblatt

Zeitpunkt:
- Ackerland: zwischen Ernte und Neuansaat
- Grasland: Frühling oder Spätherbst

Aufnahme: siehe Kapitel 2.2 Profilblatt und Profilbeschreibung

Als Ersatz für Profilgruben dienen auch natürliche und künstliche Aufschlüsse aller Art:

- Böschungen
- Baugruben
- Wasserleitungs-, Drain- oder Kanalisationsgräben
- Steinbrüche sowie Kies-, Sand- und Tongruben
- umgeworfene Bäume usw.

Wichtig: nur frische Aufschlüsse beurteilen, allenfalls vorgängig präparieren (abstechen, anfeuchten); allfällige Störungen beachten.

Bodenaufschlüsse, welche eine bedeutende Bodeneinheit des Kartierungsgebietes gut repräsentieren, werden als **Standardprofile** bezeichnet. Sie werden auf der Bodenkarte eingezeichnet und im Bericht, inkl. Laboranalysen, beschrieben.

7.1.2 Bohrungen

Bohrungen (vor allem mit Bohrfahrzeugen) können als Ersatz für Profilgruben eingesetzt werden, zur Ergänzung und Abrundung des Bodeninventars.

Standort:
- es gelten die gleichen Kriterien wie für die Profilgruben.

Tiefe:
- so tief wie möglich.

Bohrgeräte:
- hydraulischer Bohrer (Bohrfahrzeug), Ø des Bohrkerns etwa 8 cm; Handbohrer (auch Edelmann- oder Holländerbohrer genannt), Ø des Bohrkerns 3 - 10 cm.
- ausnahmsweise auch Schlagbohrstock ("Pürckhauer").

Verteilung:
- nach Bedarf, als Ergänzung bzw. Ersatz für Profile.

Zeitpunkt:
- Bohrungen mit Bohrfahrzeugen im Ackerland nach der Ernte, im Wiesland auf frisch genutzten Flächen.
- Handbohrungen bei entsprechender Rücksichtnahme fast immer möglich.

7.2 Arbeitslegende (Kartierschlüssel)

Die Arbeitslegende ist eine (aufgrund des vorgängig erhobenen Bodeninventars) nach bestimmten Kriterien **geordnete** und **codierte** Liste von Bodeneinheiten (Tab. 7.2a).

Die Aufnahmen der einzelnen repräsentativen Standorte des Bodeninventars (Referenzprofil) werden nach deren Klassierung direkt als Bodeneinheiten in die Arbeitslegende übernommen.

Die Arbeitslegende wird während der Kartierarbeiten durch zusätzliche Bodeneinheiten ergänzt. Für wichtige neu hinzugefügte Bodeneinheiten wird wiederum ein Referenzprofil bzw. eine Referenzbohrung beschrieben (Profilblatt).

Für jede Bodeneinheit sind Wasserhaushalt/Gründigkeit, Bodentyp, Untertyp(en), Skelettgehalt und Feinerdekörnung immer anzugeben (Abb. 7.2a). Vor allem bei Detailkartierungen können je nach Fragestellung auch Bodenpunktzahl, Substrat usw. in die Arbeitslegende mitaufgenommen werden (Tab. 7.2a).

Die Arbeitslegende wird zweckmässigerweise gleich aufgebaut und gegliedert wie die spätere definitive Bodenkartenlegende. Für landwirtschaftliche Zwecke ist es sinnvoll, die Legende mit dem **Wasserhaushalt** als oberstem Einteilungskriterium aufzubauen.

7.2.1 Codierung der Arbeitslegende

Die in der Beschreibung der Bodeneinheiten enthaltenen Eigenschaften werden in der Arbeitslegende codiert. Die Codierung sollte im Mininum die Elemente gemäss Abb. 7.2a enthalten. Dieselbe Codierung wird für die Beschriftung der Bodeneinheiten auf der Feldkarte verwendet.

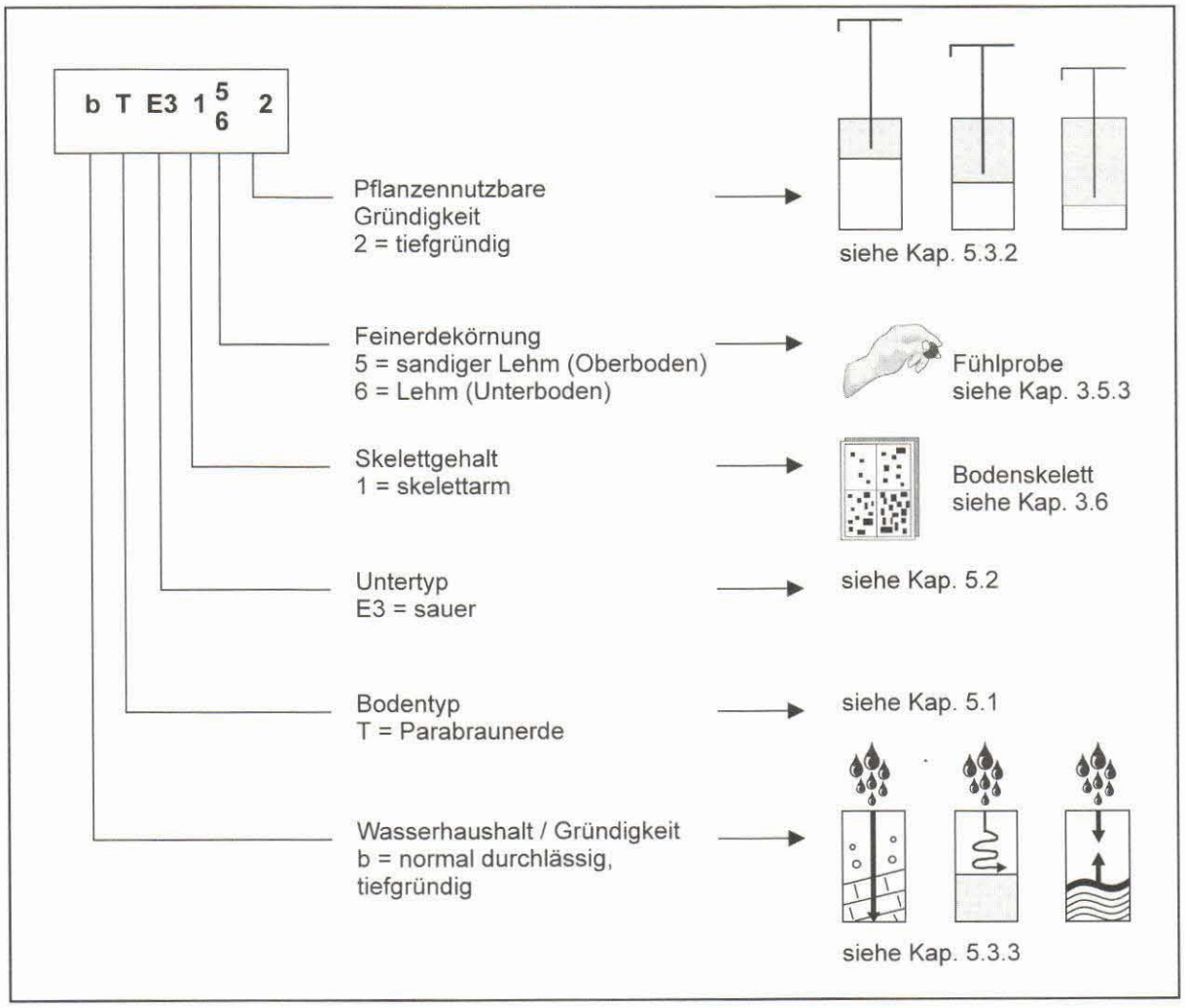


Abbildung 7.2a. Codierung der Arbeitslegende

Tabelle 7.2a. Beispiel einer Arbeitslegende erweitert durch Angaben über das Substrat (Kap. 4.1.4)

Wasserhaushalt/ Gründigkeit	Bodentyp	Substrat	Untertyp	Skelett	Körnung	Gründig-keit	Referenzprofil
Reine Einheiten							
a	E	MO	G1 - G2	0	5 - 12	1	WB516
a	T	MO	E3 - E4	1	5/6	1 - 2	
b	B	KO (SC)		1 - 2	5	2 - 1	
b	B	HL (SC)	ZT	2	6	2	WB507
b	E	SA	E3 - E4	0	5	2	
b	E	KO	G2	1	5 - 12	2 - 1	
b	K	AL	G1	1 - 2	5	2	
b	T	SW	E3	1/2	5/6	2	
c	B	ME	I1	0 - 1	6 - 7	3	Hw501
c	B	HS	ZT	3	5 - 6	3	
c	E	SA	E3 - E4	0 - 1	5	3	
c	E	ME	I1	0 - 1	6 - 7	3	
c	T	SC	E3	2/3	5/6	3	WB505
d	B	SC	VF	3	5 - 6	4	
d	K	SA	KF	0	5	4	
f	E	ME	I2	0	6/7 - 13	2	
g	E	LO	E4,I2,ZT	0 - 1	5 - 12	3	Hw503
h	O	ME	I2,KR,FB	0	6 - 12	4	
k	B	HL	G3	1 - 2	6	2	
k	K	HL	G3	0 - 1	5 - 6	2	Hw511
o	Y	ME	E3	0 - 1	6/7 - 8	3	
t	W	KO	E1 - E2	0	5	3	
x	G	HL	OM,R3,	0	5	4	
Zusammengesetzte Einheiten (Komplexe)							
c	T	SC	E3	2 - 3	5/6	3	EB501
d	O	SC	KR	3	5	4 - 5	
t	W	KO	E1	1 - 2	5	3	
x	G	KO	OM	0 - 1	5	4	

Bei länger dauernden Projekten ist es sinnvoll, nach einer gewissen Zeit und, falls das kartierte Gebiet als repräsentativ betrachtet wird, eine vorläufige Legendenbereinigung zu erstellen und diese bei der weiteren Feldarbeit zu benützen. Dadurch wird auch das etappenweise Herstellen der definitiven Karten ermöglicht.

7.2.2 Bodenkartei

Für grössere Kartierungsprojekte empfiehlt sich auch das Anlegen einer eigentlichen Bodenkartei bzw. EDV-gestützten Bodendatei (Abb. 7.2b). Durch Geländeskizze, genauere Angaben des Ausgangsmaterials sowie Bemerkungen zu verwandten Böden erhält der Kartierer eine bessere Vorstellung der sonst etwas abstrakt codierten Legende. Vor allem wenn mehrere Personen am selben Projekt arbeiten, ist dies von Vorteil.

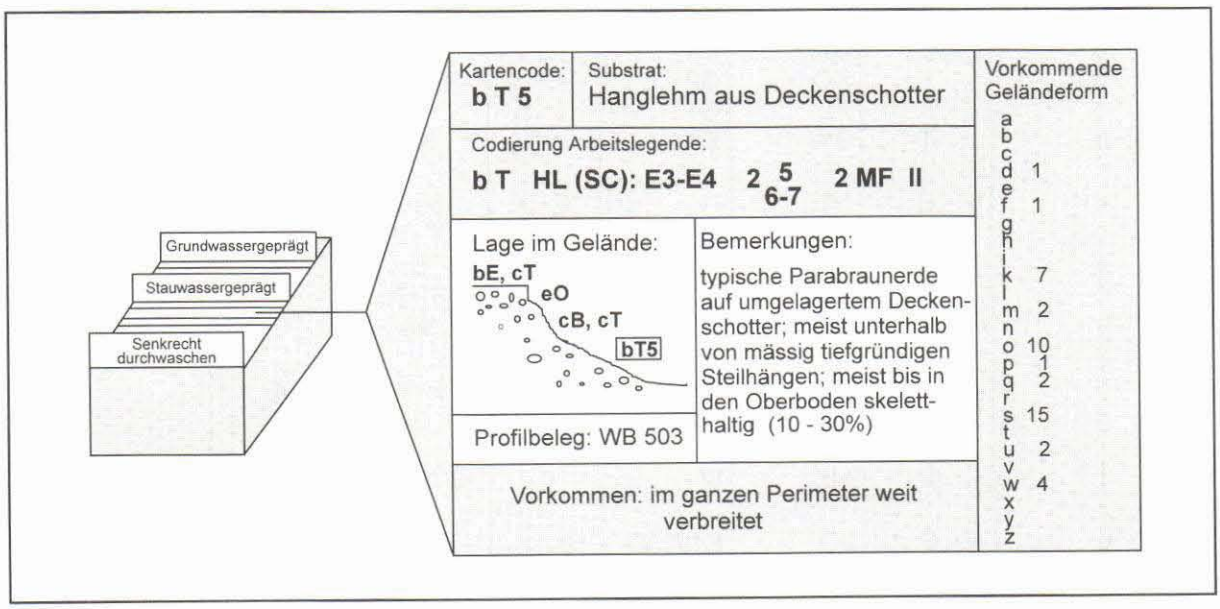


Abbildung 7.2b. Aufbau einer Bodenkartei bzw. -datei

7.3 Kartierarbeit

Die Kartierarbeit im Gelände beinhaltet die eigentliche Abgrenzung von Teilflächen und die Ermittlung ihrer Boden-, beziehungsweise Standorteigenschaften, die Zuordnung zu einer Bodeneinheit des Inventars beziehungsweise der Legende und die Übertragung auf eine Feldkarte.

7.3.1 Grundlegende Begriffe (Abb. 7.3a)

Teilfläche: Unter (Kartier-)Teilflächen sind die von den Kartierenden auf Karten oder Luftbilder abgegrenzten Flächen (sowie die entsprechenden Flächen im Gelände) zu verstehen. *Reine Teilflächen* stellen Pedotope, *Zusammengesetzte Teilflächen* Pedokomplexe dar. Die Bodeneigenschaften der Teilflächen werden durch die entsprechende *Bodeneinheit* beschrieben.

Reine Teilfläche: Flächen, deren Bodeneigenschaften nicht oder nur in engen Bereichen variieren (zum Beispiel Horizontmächtigkeit). Reine (Kartier-) Teilflächen können aber „in natura" auch kleinflächige Einschlüsse andersartiger Böden (*Fremdanteil*) enthalten.

Zusammengesetzte Teilfläche: Darstellung von Bodenkomplexen, das heisst Zusammenfassung mehrerer *Reiner Bodeneinheiten*, welche sich in ihrer Genese und in ihren Eigenschaften unterscheiden und in kleinräumigem Wechsel nebeneinander auftreten, so dass sie im entsprechenden Massstab nicht gegen einander abgegrenzt werden können.

Fremdanteil: Flächenanteil von anders zu klassierenden Bodeneinschlüssen in *Reinen Teilflächen*. Die Einschlüsse werden in der Bezeichnung (= *Bodeneinheit*) nicht erwähnt. Massstab und Genauigkeitsanforderung einer Kartierung bestimmen die zulässige Höhe des Fremdanteils (Kap. 7.3.5).

Variationsbreite: Streubereich, innerhalb welchem einzelne Merkmale und Eigenschaften des Bodens aufgrund seiner flächenhaften Ausdehnung variieren. Am häufigsten werden für die Eigenschaften Skelettgehalt, Feinerdekörnung und Gründigkeit bestimmte Variationsbreiten innerhalb derselben *Bodeneinheit* zugelassen (vgl. 7.3.5). Horizontbedingte Unterschiede innerhalb des Profiles gehören nicht zur hier beschriebenen Variationsbreite.

Bodenform: Bodensystematische Klassierung der *Reinen Teilfläche*. Sie beinhaltet Bodentyp, Untertyp, Skelettgehalt, Feinerdekörnung, Wasserhaushalt und pflanzennutzbare Gründigkeit.

Bodeneinheit: Für die Darstellung und Bezeichnung auf Karten notwendige Zusammenfassung von gleichartigen Böden. Die Bodeneinheiten sind in der Legende beschrieben, durch Angabe der zugehörigen *Bodenform(en)* und der vorhandenen *Variationsbreiten* einzelner Merkmale und Eigenschaften. Der Code der Bodeneinheiten dient zur Bezeichnung der Teilflächen auf der Karte. Analog zu den Teilflächen werden *Reine* und *Zusammengesetzte Bodeneinheiten* (Komplexe) unterschieden.

Kartierungseinheit: Übergeordneter Begriff für Einheiten jeglicher Art, die zum Zwecke der Kartierung gebildet werden:

- Bodeneinheiten
- Bodeneinheiten und Landschaftselement
- Vegetationseinheiten
- geomorphologische Einheiten
- usw.

Oberboden: Hauptwurzelraum; meist der Ah-Horizont. Wo vorhanden, werden auch der Oh- und der Of-Horizont dazugezählt. Im Ackerbau versteht man darunter den Pflughorizont.

Unterboden: Unter dem *Oberboden* gelegener aufgeschlossener, biologisch aktiver Boden.

Untergrund: Nicht oder kaum aufgeschlossenes Ausgangsmaterial oder dauernd vernässter Bodenteil.

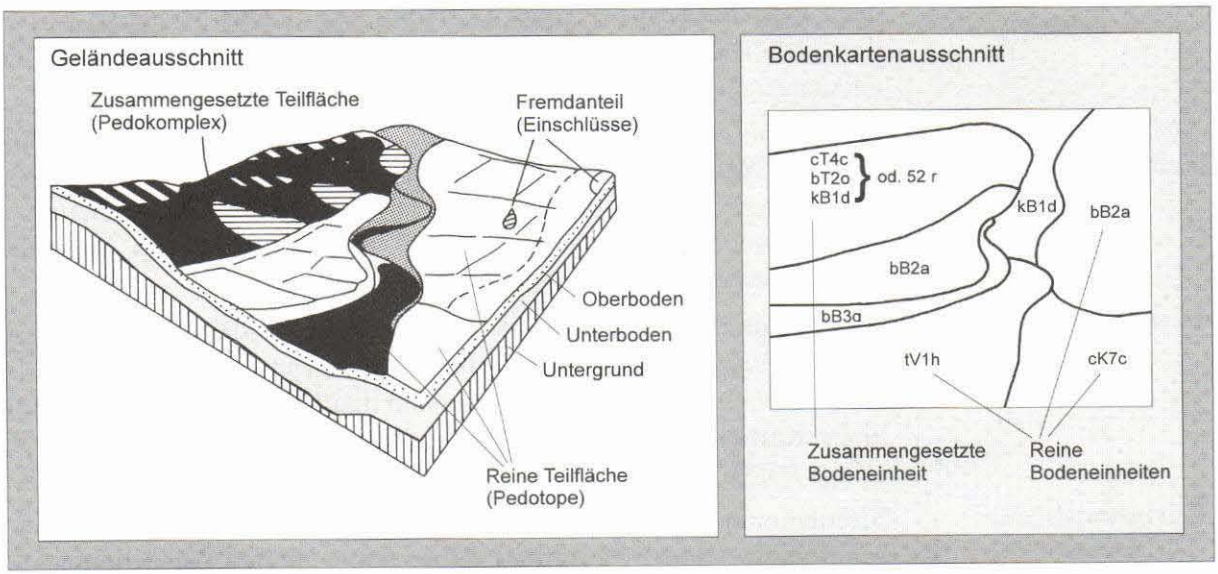


Abbildung 7.3a. Vergleich Gelände - Bodenkarte sowie die Verwendung wichtiger Begriffe aus der Bodenkartierung

7.3.2 Arbeitsunterlagen und Arbeitsgeräte

Arbeitsunterlagen:

- Feldkarte
- Arbeitslegende (Kartierschlüssel)
- weitere Karten (zum Beispiel geologische Karte) und eventuell Luftbilder für die Orientierung im Gelände

Arbeitsgeräte:

- Handbohrstock (Stichel) mit "Ausstosser"
- Pürckhauer mit Hammer
- Handbohrer (Holländer, Edelmannbohrer)
- Neigungsmesser

- feldtaugliches pH-Messgerät
- verdünnte Salzsäure (Karbonatgehalt)
- Messrad/Messband
- Messtisch
- Kompass
- Höhenmesser
- Wasserflasche (zur Befeuchtung trockener Bodenproben)
- Farbtafel (Oyama and Takehara 1967)

7.3.3 Die Feldkarte

Die Feldkarte ist ein Dokument, auf dem die Grenzen und die Beschreibung der Teilflächen, Bohrpunkte sowie Bodenpunktzahlen und andere Beobachtungen eingetragen werden. Die auf der Karte ausgeschiedenen Bodeneinheiten werden gemäss Arbeitslegende codiert (Kap. 7.2.1). Für jede Einheit wird zudem die Geländeform (Oberflächengestalt und Hangneigung) angegeben (Tab. 8.2b). Der codierte Eintrag auf der Feldkarte wird **Kartierungscode** genannt.

Als Unterlagen für die Feldaufnahmen dienen normalerweise topographische Karten mit Höhenlinien, doch können je nach Situation zum Beispiel auch Parzellenpläne, Luftbilder oder Orthofotos als Feldkarte benützt werden. Der Massstab der Feldkarte ist im allgemeinen grösser als der Darstellungsmassstab der Bodenkarte (Tab. 8.1a). Es ist vorteilhaft, von der Feldkarte laufend ein Doppel als Sicherheitskopie zu erstellen.

7.3.4 Flächenkartierung

Das Abgrenzen der Teilflächen geschieht nach allen am Profil oder Bohrkern ansprechbaren Bodeneigenschaften. Ändert im Gelände eine Eigenschaft deutlich, so wird eine Grenze gezogen. Aber auch das Relief spielt beim Abgrenzen der Teilflächen eine wichtige Rolle. In der Regel gilt, dass mit dem Wechsel der topographischen Verhältnisse auch die Bodenverhältnisse ändern. Die Kartierungsteilflächen werden somit aufgrund pedologischer **und** topographischer Beobachtungen gebildet!

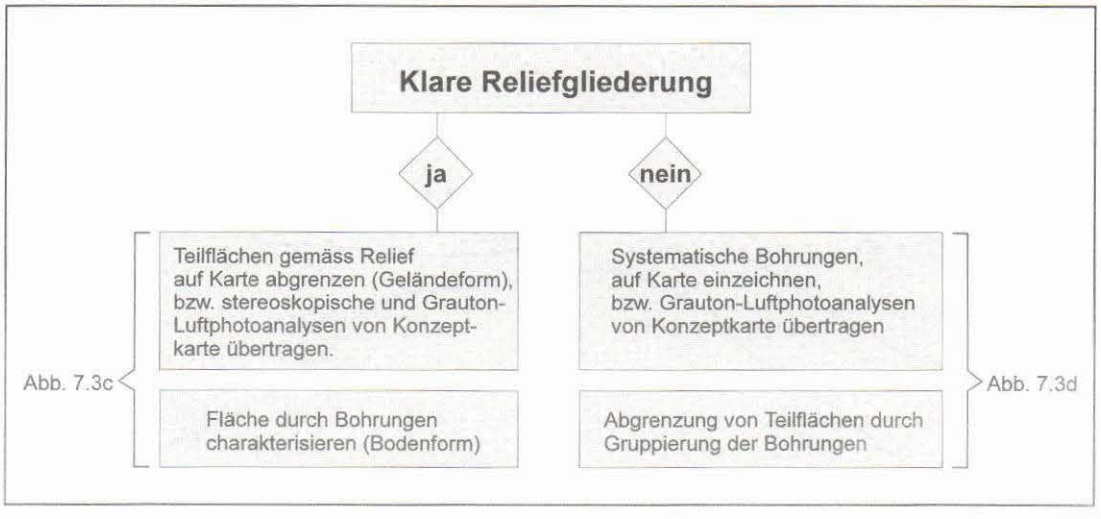


Abbildung 7.3b. Vorgehen bei der Abgrenzung von Kartierungsteilflächen

Ist das Gelände gut gegliedert, geschieht die erste Abgrenzung der Teilflächen nach den Geländeformen, die durch die **Höhenlinien** auf der Karte angezeigt werden. (Abb. 7.3c). Danach werden die Flächen mit bodenkundlichen Inhalten "gefüllt". Mit Pürckhauer, Handbohrer oder Erdprobenbohrer („Stichel") werden die einzelnen Teilflächen bodenkundlich beurteilt und die Resultate in Form des Kartierungscodes auf der Feldkarte notiert. Vorgängig gemachte Reliefanalysen mittels Luftbild oder auch nur mittels topographischer Karten können dabei von Vorteil sein.

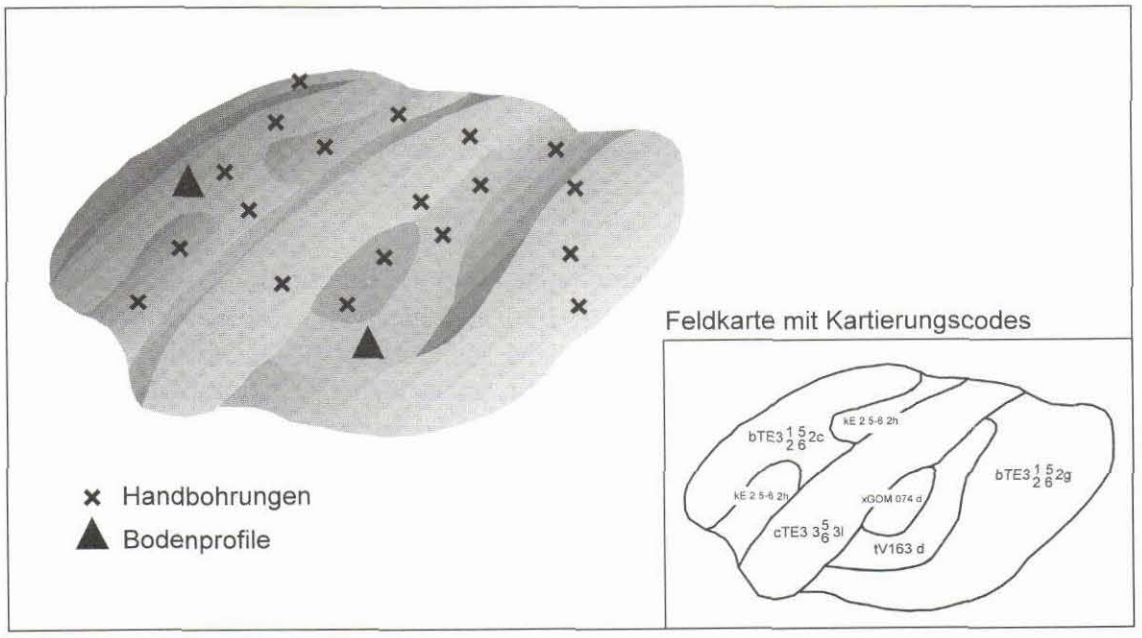


Abbildung 7.3c. Kartierung nach Geländeformen (Beispiel: Moränenhügelland)

Jede Teilfläche muss an mehreren Stellen angesprochen werden (je nach Grösse). So wird zum Beispiel ein Moränewall auf der Kuppe, am Mittelhang und am Hangfuss beurteilt. Werden Unterschiede festgestellt, muss entschieden werden, ob es sich um eine „normale" Variationsbreite oder um Einschlüsse handelt, ob die topographisch abgegrenzte Teilfläche weiter unterteilt oder ob eine Komplexeinheit gebildet werden soll.

Bietet das Relief keine Anhaltspunkte, Teilflächen abzugrenzen (zum Beispiel in Alluvialebenen), muss das gesamte Gebiet systematisch begangen werden, und die Böden sind immer wieder anzusprechen. Am besten wird jede Bohrung auf der Feldkarte notiert, so dass danach ähnliche oder gleiche Kartiereintragungen umgrenzt werden können (Abb. 7.3d).

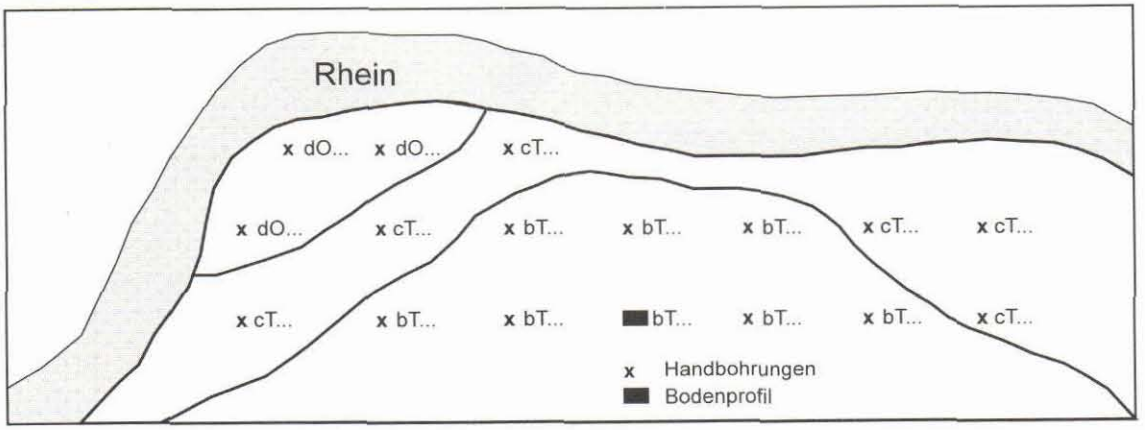


Abbildung 7.3d. Kartierung mittels systematischer Bohrungen (Beispiel: Schotterebene).

Wie in der Arbeitslegende vorgegeben, wird für jede Einheit mindestens **Wasserhaushalt, Bodentyp, Untertyp, Skelettgehalt, Feinerdekörnung und pflanzennutzbare Gründigkeit beurteilt**; zusätzlich wird auch **die Geländeform** (Tab. 8.2b) bestimmt und auf der Feldkarte eingetragen. Dazu kommen bei Detailkartierungen Angaben, die je nach Kartierungszweck variieren können.

Nach Möglichkeit wird versucht, den bodenkundlichen Befund der Teilflächen einer Bodeneinheit der Arbeitslegende zuzuordnen. Ist dies nicht möglich, wird die Legende um den "neuen Boden" erweitert.

Mit zunehmender Kenntnis der Bodenverhältnisse eines Gebietes (Zusammenhang zwischen Relief, Muttermaterial und Bodeneigenschaften) wird die Kartiererin oder der Kartierer auch vermehrt aufgrund von Analogieschlüssen arbeiten.

Günstige **Jahreszeiten** für die Kartierung sind Frühling und Herbst. In dieser Zeit sind viele Ackerflächen offen, was die Kartierarbeit wesentlich erleichtert. In den Wintermonaten ist die Kartierarbeit, abgesehen vom Schnee, auch wegen der Lichtverhältnisse (zum Beispiel Erkennen der Vernässungsanzeichen) eingeschränkt. Vom Wassersättigungsgrad der Böden her gesehen (leichteres Eindringen der Bohrgeräte) wäre auch schnee- und frostfreie Winterzeit ideal.

Der Kartiervorgang wird auch vom **Massstab** mitbestimmt. Bei Detailkartierungen ist es im Vergleich zur halbdetaillierten Kartierung 1:25'000 unumgänglich, das gesamte Gebiet sehr intensiv zu begehen. Da mit Detailkartierungen immer konkrete Ziele verfolgt werden, braucht es auch mehr Zeit, diese zusätzlichen Erhebungen durchzuführen (zum Beispiel Bestimmen der Bodenpunktzahl, Nutzungseignung usw.).

7.3.5 Variabilität von Boden- und Geländeform

In der Natur finden sich meist keine grösseren Flächen mit einheitlichen Bodenmerkmalen. Kleine Unterschiede zwischen zwei Bodenbohrungen sind praktisch immer anzutreffen, auch wenn sie nur wenige Meter voneinander entfernt liegen.

Ebenso sind die Grenzen in der Natur meist nicht so scharf, wie dies die Grenzlinien auf der Karte vorgeben, sondern es handelt sich oft um mehr oder weniger breite Übergangszonen. Um Teilflächen ausreichender Grösse und geschlossener Form zu erhalten, müssen gewisse Abweichungen von den tatsächlichen Formen und Grenzen der elementaren Bodenareale sowie andersartige Einschlüsse in Kauf genommen werden. **Bodengrenzen "sucht" man nicht, man legt sie fest.** Deshalb darf man bei der Benützung von Bodenkarten keine volle Übereinstimmung zwischen Karte und Bodenausprägung im Gelände an jedem einzelnen Punkt erwarten.

Normalerweise sind die Kartierenden bestrebt, *Reine Teilflächen* zu bilden um die Kartenlesbarkeit zu erleichtern. Dies ist aber aufgrund der oft kleinflächig auftretenden Boden- oder Reliefwechsel nicht immer möglich, so dass *Zusammengesetzte Teilflächen* (Komplexe) gebildet werden müssen (Kap. 7.3.1).

Reine Teilflächen

Den natürlichen Verhältnissen entsprechend ist es angebracht, für die Eigenschaften Skelettgehalt, Feinerdekörnung und Gründigkeit bestimmte ***Variationsbreiten*** innerhalb *Reiner Bo-*

deneinheiten zu tolerieren. Die Toleranz der Variationsbreite ist bei der halbdetaillierten Kartierung 1:25'000 grösser als bei der Detailkartierung.

Schreibweise zum Kennzeichnen der Variationsbreite:

ska	-	skh	skelettarm bis skeletthaltig
sL	-	L	sandiger Lehm bis Lehm
tg	-	mtg	tiefgründig bis mässig tiefgründig

Reine Teilflächen können aber auch einen gewissen Anteil einheitsfremder Einschlüsse (*Fremdanteil*) aufweisen. Es werden zwei Kategorien von Einschlüssen unterschieden:

- Einschlüsse, die bezüglich Klassifikation und Interpretation einheitsfremd sind. Die Toleranz beträgt bei Detailkartierungen bis zu 10 %, bei der Bodenkarte 1:25'000 bis zu 20 %.
- Einschlüsse, die anders klassifiziert werden müssten, aber bezüglich Interpretation zur betreffenden Einheit gehören. Die Toleranz beträgt bei Detailkartierungen bis zu 20 %, bei der Bodenkarte 1:25'000 bis zu 40 %.

Je mehr sich die Eigenschaften des Fremdanteils (Wasserhaushalt, Gründigkeit, Skelettgehalt im Oberboden usw.) von denjenigen des Hauptanteils unterscheiden, desto kleiner ist der zulässige Fremdanteil.

Zusammengesetzte Teilflächen

Häufig treten verschiedene Böden so kleinflächig auf, dass sie im entsprechenden Massstab nicht gegeneinander abgegrenzt werden können, sondern als *Zusammengesetzte Teilflächen* abgegrenzt werden müssen.

Die Glieder einer *Zusammengesetzten Teilfläche* sind **in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit,** das heisst normalerweise nach Flächenanteil aufzuführen. Für Detailkartierungen können die Flächenanteile geschätzt und angegeben werden. Die Komplexeinheit wird in der Regel nach dem dominierenden Boden eingefärbt.

Entscheidungskriterien bei der Kartierarbeit

Der Umgang mit der Variabilität im Gelände ist eine der schwierigsten Aufgaben beim Kartieren. Beim Entscheid über die Grenzziehung sowie über den Inhalt der Teilflächen sind zwei Aspekte besonders wichtig:

- Bei der Kartierarbeit muss man sich immer die **praktische Anwendung** sowie die Lesbarkeit der Karte vor Augen halten. Kommen zum Beispiel innerhalb einer topographisch abgegrenzten Einheit unterschiedliche Bodenformen vor, die sich aber bezüglich Interpretation nicht unterscheiden, ist es zweckmässig, diese in einer einzigen Bodeneinheit zusammenzufassen und die Variationsbreite anzugeben (Abb. 7.3e). Beim Entscheid spielen auch die Grösse der Teilfläche sowie der benachbarten Flächen eine Rolle. Vor allem bei kleineren Flächen ist es sinnvoll, bereits beim Kartieren im Hinblick auf die Anwendung und Lesbarkeit von Karte und Legende zu "generalisieren".

Beim Kartieren ist es sehr wichtig, die **Gesetzmässigkeiten zwischen Ausgangsmaterial, Relief und Bodenform** zu **erkennen** und **mit Analogieschlüssen** zu **arbeiten** (Abb. 7.3f). So sollten die Kartierenden versuchen, in ähnlichen Lagen auf gleichem Ausgangsmaterial die

gleichen Böden zu kartieren und sich nicht durch lokal geringe Bodenunterschiede oder durch Bohrungen in Übergangsbereichen verunsichern zu lassen.

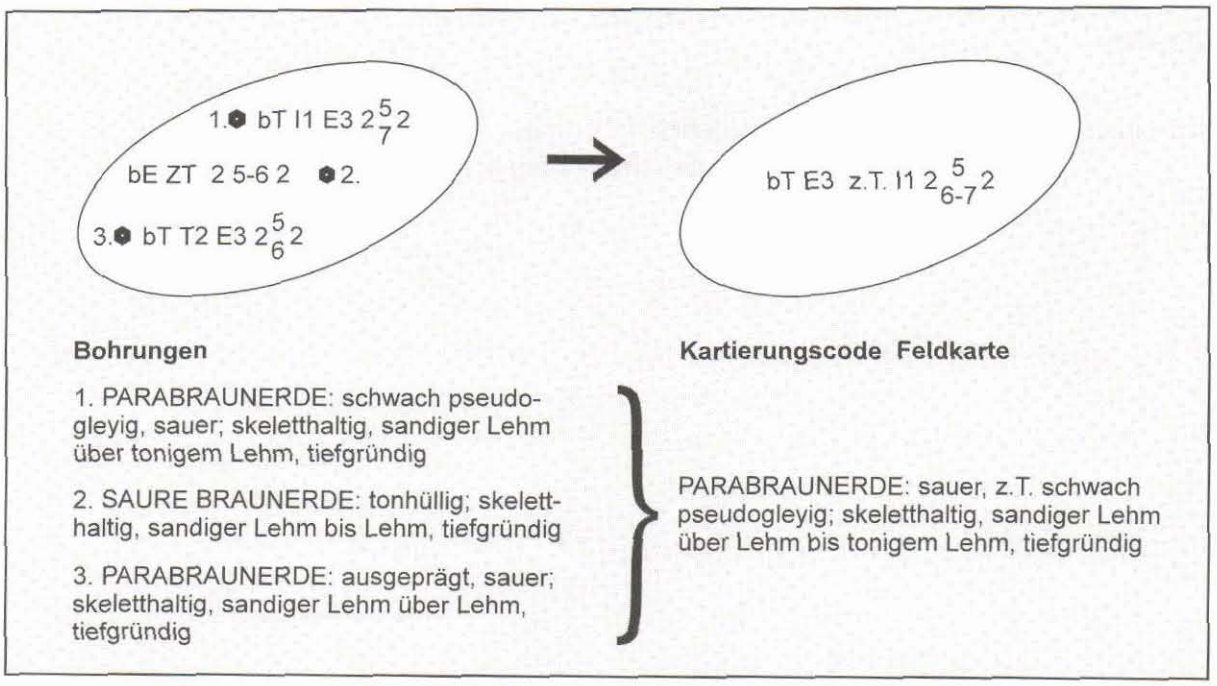


Abbildung 7.3e. Zusammenfassung ähnlicher Bodenformen beim Kartieren (Beispiel: Moränenteilfläche)

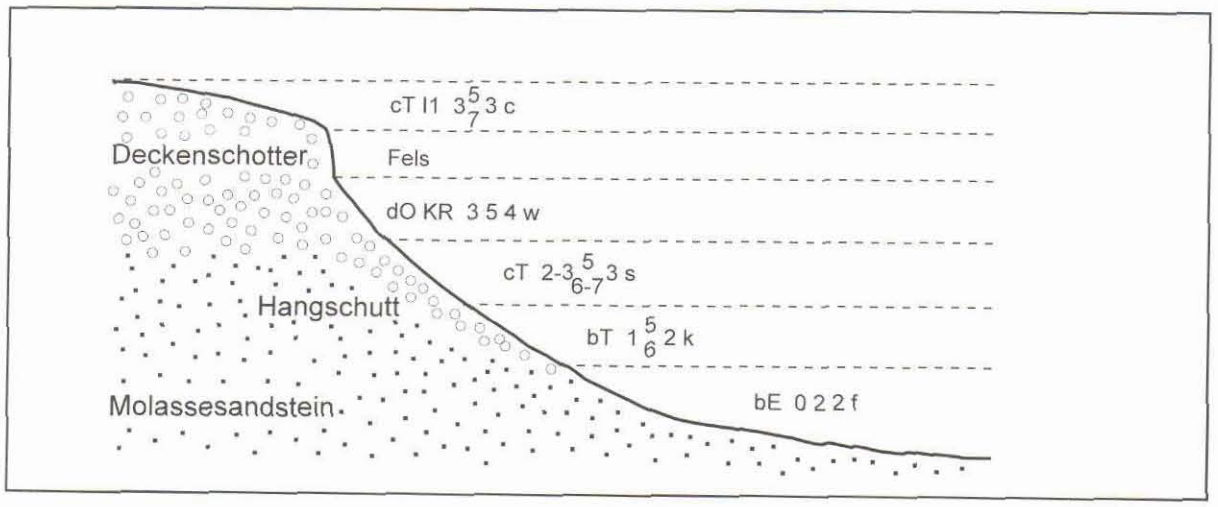


Abbildung 7.3f. Zusammenhang Substrat - Relief - Boden (Beispiel: Substratabfolge Deckenschotter - Hangschutt - Molassesandstein)

Hat man die Gesetzmässigkeit, zum Beispiel der Bodenabfolge cT - dO - cT - bT - bB erkannt (Abb. 7.3f), ist es zweckmässig, am nächsten Hang mit der gleichen geologischen Ausgangslage wieder dieselben Bodeneinheiten zu verwenden und die Variation in der Bodeneinheitsumschreibung der Arbeitslegende "aufzufangen".

Oberboden, Unterboden

Von der vorgängig beschriebenen flächenhaften Variationsbreite sind horizontbedingte (vertikale) Unterschiede im Profil zu unterscheiden. Die Bodeneigenschaften Skelettgehalt und Feinerdekörnung werden, wenn notwendig, nach Oberboden und Unterboden getrennt angesprochen:

Schreibweise:	skf/skh	skelettfrei über skeletthaltig
	sL/L-tL	sandiger Lehm über Lehm bis toniger Lehm

Darstellung der Ergebnisse

8.1 Bereinigung von Arbeitslegende und Feldkarte

8.2 Bodenkartencode

8.3 Bodenkartenlegende

8.4 Kartenherstellung
- 8.4.1 Farbgebung
- 8.4.2 Konventionelle Kartenherstellung
- 8.4.3 EDV in der Bodenkartenherstellung

8.5 Auswertung von Bodenkarten

8.6 Erläuterungsbericht

8 Darstellung der Ergebnisse

8.1 Bereinigung von Arbeitslegende und Feldkarte

Wichtigste Ziele:
- Zuordnung jeder Kartierteilfläche zu einer Bodeneinheit der Bodenkarten-Legende.
- Die Kartierteilflächen sollten im Massstab der endgültigen Bodenkarte eine Minimalfläche von etwa 1 cm^2 nicht unterschreiten (Tab. 8.1a).
- Feldkarten und Legende sind so zu bereinigen, dass die kartographische Bearbeitung durch Dritte erfolgen kann.

Tabelle 8.1a. Mindestabmessungen für eine Kartierteilfläche bei verschiedenen Massstäben

Bodenkarte		1 cm^2 auf Bodenkarte entspricht im Gelände		Feldkarte	
Massstab	minimale Fläche	Fläche	Seitenlänge bei quadratischer Form	Massstab[1])	minimale Fläche
1: 1'000	1 cm^2	1 a	10 m	1 : 500	4 cm^2
1: 5'000	1 cm^2	25 a	50 m	1 : 1'000	25 cm^2
1: 10'000	1 cm^2	1 ha	100 m	1 : 5'000	4 cm^2
1: 25'000	1 cm^2	6,25 ha	250 m	1 : 10'000	6,25 cm^2
1: 50'000	1 cm^2	25 ha	500 m	1 : 25'000	4 cm^2
1: 100'000	1 cm^2	100 ha	1 km	1 : 50'000	4 cm^2
1: 200'000	1 cm^2	4 km^2	2 km	1 : 100'000	4 cm^2

1) kann variieren

Der Aufwand zum Bereinigen von Feldkarte und Arbeitslegende hängt davon ab, wie bei der Feldarbeit vorgegangen wird. Wenn eine Arbeitslegende von Beginn der Kartierarbeit konsequent eingesetzt und erweitert wird, genügt es, sie am Ende auf "Fehlstellen" zu kontrollieren; danach kann bereits der definitive Kartencode (Kap. 8.2) in die Teilflächen eingesetzt werden. Wenn ohne Kartierschlüssel (Arbeitslegende) gearbeitet wird, ist namentlich bei grösseren Projekten mit zeitintensiven Bereinigungen im Büro zu rechnen, da zum Beispiel viele ähnliche Bodenformen zu einer Bodeneinheit zusammengefasst werden müssen. Zwischen den geschilderten zwei Fällen kommen in der Kartierpraxis Mischformen vor. Bei grösseren Projekten ist es sinnvoll, Arbeitslegenden mit Textverarbeitungssystemen und/oder Tabellenkalkulationsprogrammen EDV-mässig zu verwalten.

Im folgenden sind die wichtigsten Schritte der Bereinigung zusammengestellt.

Arbeitslegende

- Inventar aller vorkommenden Bodeneinheiten beziehungsweise Bodenformen; Häufigkeitsstatistik
- Zusammenfassen ähnlicher Bodeneinheiten (-formen) zu einer einzigen; zuordnen einer selten gebrauchten Einheit in eine ähnliche Einheit; Untertypen festlegen
- Ergänzen der Legende mit den Komplexeinheiten; Reihenfolge der Komplexglieder festlegen
- Zuordnen des definitiven Kartencodes zu jeder Bodeneinheit
- Definitive Beschreibung der Bodeneinheiten als Bodenkartenlegende (Kap. 8.3)
- Referenzprofile wichtigen Bodeneinheiten definitiv zuordnen

Feldkarten

- Fehlstellen beheben: nicht oder unvollständig beschriftete Teilflächen, unvollständige oder mehrdeutige Grenzziehung
- nicht kartierte Flächen kennzeichnen: zum Beispiel überbautes Gebiet innerhalb des Perimeters
- Anschlüsse und Anschriften benachbarter Teilpläne des Perimeters aufeinander abstimmen
- wo Minimalflächen (Tab. 8.1a) nicht erreicht werden: Eingliederung in Nachbarteilfläche oder Bildung einer zusammengesetzten Einheit
- Standardprofilstellen eintragen und beschriften
- Abstimmen der Komplexglieder mit benachbarten reinen Bodeneinheiten
- Zusammengesetzte Teilflächen: eventuell Angabe der einzelnen Flächenprozentanteile (vor allem wichtig bei Bodenbewertungen)
- Eintrag des definitiven Bodenkartencodes

8.2 Bodenkartencode

Der Code einer Bodeneinheit in der Arbeitslegende beziehungsweise auf der Feldkarte enthält meistens zu viele Stellen für die endgültige Kartendarstellung. Um eine gute Lesbarkeit der Karte zu gewährleisten, ist mit einem möglichst kurzen Bodenkartencode auszukommen. In der Regel besteht er aus **vier** Stellen (Abb. 8.2a). Der Bodenkartencode ist zugleich Einstieg in die detaillierte Bodenkartenlegende.

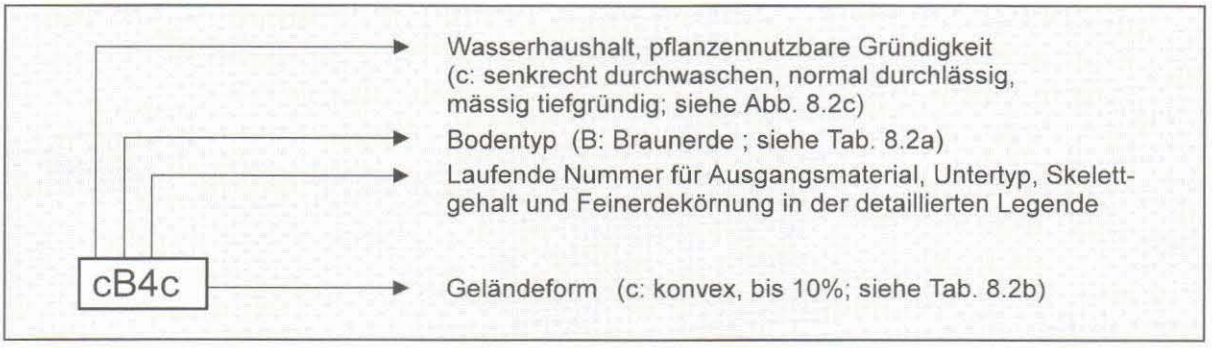


Abbildung 8.2a. Aufbau des Kartencodes für *Reine Bodeneinheiten*

Bei *Zusammengesetzten Bodeneinheiten* (Abb. 8.2b) kann, sofern auf der Karte genügend Platz für die Beschriftung vorhanden ist, jedes Komplexglied mit einem Code bezeichnet werden (Abb. 8.2b oben). Zweckmässigerweise können solche Komplexeinheiten aber auch mit **Nummern** bezeichnet werden (Abb. 8.2b Mitte und unten). Innerhalb eines Projektes darf aber **nur ein** Beschriftungssystem gewählt werden.

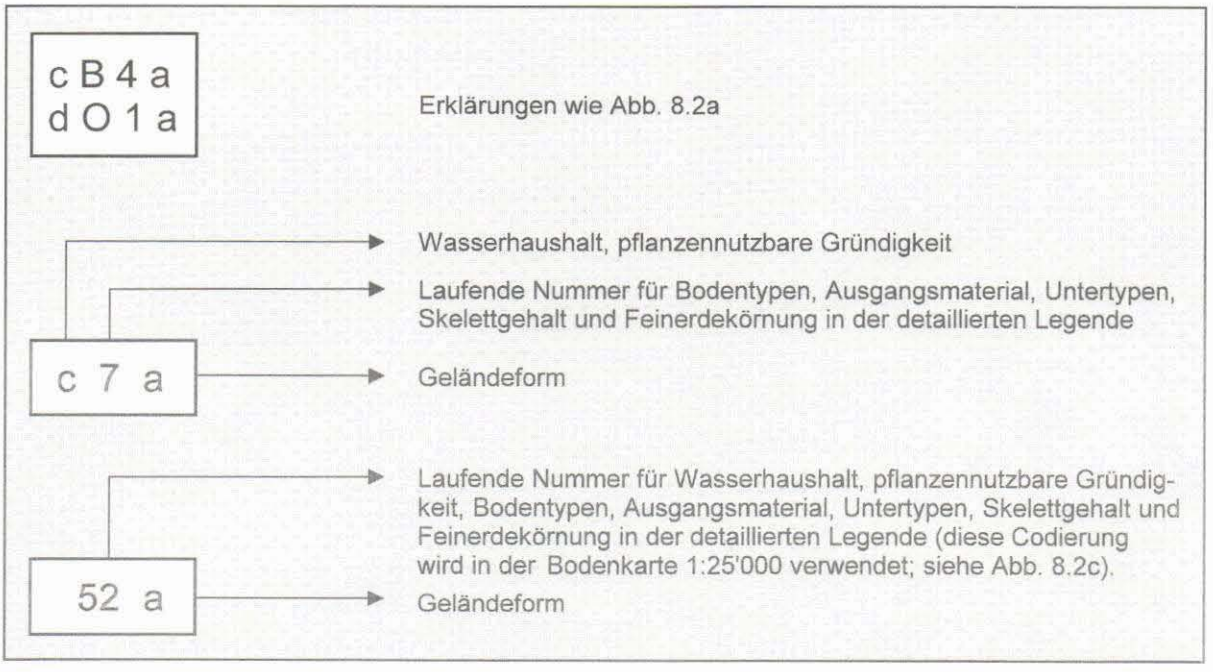


Abbildung 8.2b. Drei Möglichkeiten des Kartencode-Aufbaus für *Zusammengesetzte Bodeneinheiten*

Anmerkung:

Gleichlautende Codes der Bodeneinheiten haben bei verschiedenen Projekten unterschiedliche Bedeutung. Die Zahl innerhalb des Codes ist eine Laufnummer, deren Definition von Karte zu Karte verschieden ist (Abb. 8.2a, 8.2b).

Für jede Bodenkarte ist nur die dazugehörige Legende gültig.

Senkrecht durchwaschene Böden

Normal durchlässige Böden

Farbe	a b	sehr tiefgründig tiefgründig	Komplex Nr. 1– 49
	c	mässig tiefgründig	50– 99
	d e	ziemlich flachgründig flachgründig	100–199

Stauwasserbeeinflusste Böden

	f g	tiefgründig mässig tiefgründig	200–249
	h i	ziemlich flachgründig flachgründig	250–299

Grund-/ hangwasserbeeinflusste Böden

	k l	tiefgründig mässig tiefgründig	300–349
	m n	ziemlich flachgründig flachgründig	350–399

Stauwassergeprägte Böden

Selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

	o p	mässig tief- bis tiefgründig ziemlich flachgründig	400–449

Häufig bis zur Oberfläche porengesättigte Böden

	q r	ziemlich flachgründig flachgründig	450–499

Grund-/hangwassergeprägte und überschwemmte Böden

			mineralisch	organisch
Selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden				
		s t u	tiefgründig mässig tiefgründig ziemlich flachgründig	500–549	550–599
Häufig bis zur Oberfläche porengesättigte Böden				
		v w	mässig tiefgründig ziemlich flach- bis flachgründig	600–649	650–699
Meist bis zur Oberfläche porengesättigte Böden				
		x y	ziemlich flachgründig flach- bis sehr flachgründig	700–749	750–799
Dauernd bis zur Oberfläche porengesättigte Böden				
		z	sehr flachgründig	800–849	850–899

Abbildung 8.2c. Beispiel für die Verwendung von Laufnummern für *Zusammengesetzte Bodeneinheiten*, abgestimmt auf Bodenwasserhaushaltsgruppen (5.3). Kurzlegende der Bodenkundlichen Landesinventur der Schweiz 1:25'000.

Tabelle 8.2a. Codierung wichtiger Bodentypen

Code	Bodentyp	Code	Bodentyp
A	Aueboden	N	Halbmoor
B	Braunerde	O	Regosol
C	Humus-Karbonatgesteinsboden	P	Eisenpodsol
D	Humus-Mischgesteinsboden	Q	Braunpodsol
E	Saure Braunerde	R	Rendzina
F	Fluvisol	S	Humus-Silikatgesteinsboden
G	Fahlgley	T	Parabraunerde
H	Humuspodsol	U	Mischgesteinsboden
I	Pseudogley	V	Braunerde-Gley
J	Karbonatgesteinsboden	W	Buntgley
K	Kalkbraunerde	X	Auffüllung
L	Silikatgesteinsboden	Y	Braunerde-Pseudogley
M	Moor	Z	Phaeozem

Tabelle 8.2b. Codierung der Geländeformen (Oberflächengestalt und Hangneigung)

Code	Neigungsart	Neigung in %	typische Landschaftselemente
a	eben	0 - 5 %	Ebene, Plateau
b	gleichmässig geneigt	5 - 10 %	Terrasse, Plateau
c	konvex	- 10 %	flache Kuppe
d	konkav	- 10 %	flache Mulde
e	ungleichmässig	0 - 10 %	schwach wellig
f	gleichmässig geneigt	10 - 15 %	Flachhang
g	konvex	- 15 %	Rücken, Kuppe, Oberhang
h	konkav	- 15 %	Mulde, Hangfuss
i	ungleichmässig	0 - 15 %	wellig
* j	gleichmässig geneigt	15 - 20 %	Flachhang
* k	gleichmässig geneigt	20 - 25 %	Flachhang
l	konvex	- 25 %	Kuppe, Rücken, Oberhang
m	konkav	- 25 %	Mulde, Hangmulde, Hangfuss
n	ungleichmässig	0 - 25 %	stark wellig
o	gleichmässig geneigt	25 - 35 %	Starkhang
p	konvex	- 35 %	Kuppe, Oberhang, Rücken, Rippe
q	konkav	- 35 %	Hangmulde, enge Mulde, Hangfuss
r	ungleichmässig	0 - 35 %	schwach hügelig
s	gleichmässig geneigt	35 - 50 %	Starkhang
t	konvex	- 50 %	Oberhang, Kuppe, Rippe
u	konkav	- 50 %	Hangmulde, Hangfuss
v	ungleichmässig	0 - 50 %	hügelig
w	gleichmässig	50 - 75 %	Steilhang
x	ungleichmässig	0 - 75 %	kupiert
y	gleichmässig	> 75 %	extremer Steilhang
z	ungleichmässig	0 - > 75 %	zerklüftet

* Bei der Bodenkarte 1:25'000 werden die Klassen j und k zusammengefasst: k = 15-25 %

8.3 Bodenkartenlegende

Die Bereinigung der Arbeitslegende führt zur definitiven Bodenkartenlegende. In der Bodenkartenlegende findet sich der ausführliche Beschrieb (in Worten) von Bodentyp und Bodeneigenschaften, die in der Arbeitslegende sowie auf der Bodenkarte mit Codes verschlüsselt sind. Die definitive Legende ist in der Regel gleich gegliedert wie die Arbeitslegende (Tab. 7.2a). Die übergeordnete Gliederung erfolgt normalerweise nach Wasserhaushalts-Gründigkeitsstufen, das heisst nach zunehmender Vernässung beziehungsweise abnehmender pflanzennutzbarer Gründigkeit unter Verwendung der Bodenwasserhaushaltsgruppen (Kap. 5.3.2). Innerhalb der Wasserhaushalts-Gründigkeitsstufen wird zuerst der Bodentyp angegeben (wenn möglich mit Ausgangsmaterial), danach folgen Untertypen, Skelettgehalt und Körnung (Kap. 3.5 und 5.2). Je nach Massstab und Projekt kann die Legende durch zusätzliche Angaben ergänzt werden. Die übergeordnete Gliederung nach anderen Stufen, zum Beispiel Bodenklasse und -typ, ist ebenfalls möglich. Die pflanzennutzbare Gründigkeit wird in diesem Fall untergeordnet.

Tabelle 8.3a. Zusammenhang Arbeitslegende - Bodenkartencode - Bodenkartenlegende bei *Reinen Bodeneinheiten* (siehe auch Tab. 8.3.b und c)

Gliederung (Priorität)	**Eigenschaft**	**Arbeitslegende**	**Bodenkartencode**	**Bodenkartenlegende**
1	Wasserhaushalt, pflanzennutzbare Gründigkeit	a - z	a - z	Zwischentitel
2	Bodentyp (inkl. Ausgangsmaterial)	A - Z (Code für Ausgangsmaterial)	A - Z	Bodentyp und Ausgangsmaterial in Worten
3	Untertyp	nach Priorität des Kartierers	Laufnummer innerhalb gleicher Wasserhaushalt / Bodentyp-Kombination	in Worten, in entsprechender Reihenfolge
	Skelettgehalt Körnung Gründigkeit	0 - 3 bzw. 9 1 - 13 0 - 6		Untertyp in Worten oder Abkürzungen
4	Geländeform	(a - z)	a - z	(a - z)

Tabelle 8.3b. Beispiel Zusammenhang Arbeitslegende - Bodenkartencode - Bodenkartenlegende

Arbeitslegende	**Bodenkartencode**	**Bodenkartenlegende**
bB (SA) KE 0 5 2	b B 1 c	<u>Normal durchlässig</u> BRAUNERDE aus Molassesand, teilweise entkarbonatet; skelettfrei, sandiger Lehm, tiefgründig

Tabelle 8.3c. Auszug Bodenkartenlegende Laufenburg 1:25'000 (FAP 1992b)

Boden-einheit	Bodentyp, Ausgangsmaterial Untertyp(en) * mit Standardprofil	Skelett-gehalt	Feinerde-körnung	Pflanzen-nutzbare Gründigkeit
SENKRECHT DURCHWASCHENE BÖDEN				
Normal durchlässig: sehr tiefgründig und tiefgründig				
bK9	KALKBRAUNERDE aus Hanglehm z.T. aus Schwemmkegelmaterial (Muschelkalk)	skh	L-lU	tg-mtg
bK10	KALKBRAUNERDE aus Riss-Moräne: schwach pseudogleyig	ska-skh	tU-tL	tg
bK11	KALKBRAUNERDE aus Hanglehm (Dogger): z.T. schwach pseudogleyig, in Mulden schwach gleyig	ska-skh	tL	tg
bK12	KALKBRAUNERDE aus Hanglehm (Dogger) über Ton u. Mergel (Lias, Opalinuston): schwach pseudogleyig bis pseudogleyig	skf-ska	tL / lT	tg
bK13	KALKBRAUNERDE aus sandigem Alluvium: grundfeucht, diffus	skf-ska	sL-lU	tg
bT1	PARABRAUNERDE aus Würmschotter: Wald: sauer	ska-skh	sL / L	tg
bT2	PARABRAUNERDE aus sandigem Alluvium: Wald: sauer	skf-ska	sL / sL-L	tg
bT3	PARABRAUNERDE aus Deckenschotter: z.T. schwach pseudogleyig und dicht, neutral bis schwach sauer, Wald: sauer	ska-skh	sL / L	tg
bT4	PARABRAUNERDE aus sandigem Hanglehm (Schilfsandstein): sauer	skf-ska	sL / L	tg
bT5	*PARABRAUNERDE aus Löss über Terra fusca (auf Trigonodusdolomit): polygenetisch, sauer (Profil WI 507, S.51)	skf	lU / lT-T	tg
1	*PARABRAUNERDE aus Löss: locker, diffus, z.T. kolluvial, sauer (Profil WI 504, S. 49)	skf	lU	stg
	BRAUNERDE aus Kolluvium (v.a. Löss): diffus	skf-ska	lU	stg-tg

Anmerkung:

Wenn die laufende Nummer (des Kartencodes), unter der die verschiedenen Bodeneigenschaften zusammengefasst werden (Abb. 8.2a, 8.2b), in jedem Projekt wieder bei **1** beginnt, haben gleiche Codes auf verschiedenen Karten meistens **nicht die gleiche Bedeutung. Für jede Bodenkarte 1:25'000** ist **nur die dazugehörige Legende gültig.**

8.4 Kartenherstellung

8.4.1 Farbgebung

Thematische Karten sind nur gut lesbar, wenn sich die Anzahl der Signaturen beziehungsweise Farben in Grenzen hält (etwa 5 - 15).

Für Bodenkarten zum Zwecke der landwirtschaftlichen Interpretation hat sich eine nach **Wasserhaushalt und pflanzennutzbarer Gründigkeit** abgestufte Einfärbung bewährt. (Abb. 8.2c). Eine Farbe auf der Karte entspricht also nicht einem bestimmten Bodentyp, sondern einer Gruppe von Böden mit ähnlichem Wasserhaushalt und ähnlicher Gründigkeit. So werden zum Beispiel alle senkrecht durchwaschenen, tiefgründigen Böden braun eingefärbt. Blau und grün zeigen nasse Böden an. Somit wird die Bodenkarte auch ohne grosse bodenkundliche Kenntnisse gut benutzbar. Tafeln mit praxisbewährter Farbzuteilung für Boden- und Auswertungskarten sind im Anhang 4 enthalten.

Zusammengesetzte Bodeneinheiten werden einheitlich nach dem dominanten Bodenwasserhaushalt eingefärbt.

Nicht kartierte Flächen erscheinen weiss (Siedlungsgebiete, Kiesgruben, Deponien, Sportanlagen usw.).

8.4.2 Konventionelle Kartenherstellung

Die kartographische Bearbeitung der Bodenkarte hängt davon ab, welche Plangrundlagen vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden (zum Beispiel Fotopläne oder Grundbuch-Tochterpausen, beziehungsweise Heliokopien topographischer Karten).

Arbeitsablauf:

- Übertragen der Bodengrenzen und Bodenkartencodes (inkl. Profilstellen) auf eine Tochterpause
- Reproduktion auf den gewünschten Massstab
- Anfügen der auf Transparentpapier geschriebenen Legende
- Einfärben der Heliographie
- Vervielfältigung der Karten

Wenn Bodenkarten gedruckt werden, zum Beispiel Bodenkarten 1:25'000 der FAP/FAL, sind spezielle Verfahren nötig.

8.4.3 EDV in der Bodenkartenherstellung

EDV kann bei der Verwaltung von Bodeneinheiten und beim Aufbau der Legende eingesetzt werden (Textverarbeitung). Bei der Herstellung von Bodenkarten, beziehungsweise thematischen Karten können die Möglichkeiten der EDV besonders gut ausgenutzt werden.

Arbeitsablauf:

- Digitalisieren der Bodengrenzen ab bereinigter Feldkarte
- Eingabe der Daten zu allen kartierten Teilflächen sowie der Legende
- redaktionelles und zeichnerisches Bearbeiten am Bildschirm
- thematische Auswertungen der Bodeninformation (zum Beispiel im Hinblick auf landwirtschaftliche Eignung) mittels Auswertungsprogrammen sowie redaktionelle Bearbeitung der Auswertungskarten
- Zeichnen der thematischen Karten mittels Plotter auf Kartengrundlage (Situation)
- Vervielfältigen der Karten mittels Plotter-Kopien (kleine Anzahl) oder Fotographien beziehungsweise Druck nach Plotter-Original

Die verschiedenen Arbeitsschritte werden durch Softwarepakete unterstützt. Heute gibt es Programme, die den Aufbau und den Unterhalt von eigentlichen geographischen Informationssystemen (GIS) erlauben, worin geometrische und thematische Informationen optimal verknüpft sind.

Wesentliche Vorteile der EDV-gestützten Kartendarstellung in einem GIS sind das schnelle Herstellen von Auswertungen nach verschiedenen Kriterien sowie Überlagerungen mit anderen thematischen Karten, das Verändern des Kartenmassstabes, das Erstellen von Statistiken, aber auch das einfache Nachprüfen und Korrigieren von erfassten Informationen. Als Nachteil ist der grosse Zeitaufwand für die Informationserfassung zu nennen. Zudem sind für qualitativ gute Druckvorlagen sehr teure Ausgabegeräte nötig.

8.5 Auswertung von Bodenkarten

Die Bodenkarte ist eine **thematische Grundlagenkarte**, die je nach Fragestellung weiter ausgewertet wird. Vor allem bei Detailkartierungen werden oft **Auswertungskarten** erstellt.

Mögliche thematische Auswertungen:

- landwirtschaftliche Nutzungseignung
- landwirtschaftliche Vorranggebiete, Fruchtfolgeflächen
- landwirtschaftliche Bodenqualität (Bodenpunktzahl)
- Meliorationsvorschläge (Entwässerung)
- Bewässerungseignung
- Befahrbarkeit
- Verdichtungsgefährdung
- Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen
- Erosionsgefährdung
- und andere

Landwirtschaftliche Interpretations- und Auswertungsmöglichkeiten von Bodenkarten sind in Kapitel 9 bis 11 beschrieben.

In der Raumplanung dient die Bodenkarte der Ausscheidung von ackerfähigem Kulturland, beziehungsweise Fruchtfolgeflächen.

Die Bodenkarte bildet auch eine der Hauptgrundlagen für umfassende ökologische Fragestellungen, wie etwa bei Umweltverträglichkeitsprüfungen, beim Erstellen von Bodenschutzkonzepten oder Landschafts-Entwicklungskonzepten. Bei linienförmigen Bauten, wie beim Rohrleitungsbau, dient eine Bodenkarte der bodenschonenden Routenwahl und Terminplanung bei der Ausführung.

Die aufgeführten Auswertungsbeispiele verdeutlichen den zentralen Stellenwert einer Bodenkarte bei der Erforschung vom Landschaftsökosystemen und deren Beurteilung bezüglich Leistungsvermögen und Risiken.

Die Auswertung von Bodenkarten für thematische Karten oder Fachgutachten erfolgt zwar nach objektiven Kriterien, wegen der Komplexität der Prozesse im Boden bleibt aber bei jeder Interpretation ein bestimmtes Mass an "Unschärfe" übrig. Bei der Umsetzung von Bodenkarten sind deshalb gute Gebietskenntnisse unerlässlich.

Für einige Auswertungen braucht es keine eigene Kartendarstellung; so werden etwa bei Bodenbewertungen die Bodenpunktzahlen direkt von den Feldkarten in die Bodenkarte übernommen oder der Beschreibung der Bodeneinheiten in der Legende beigefügt.

Zur Auswertung von Bodenkarten beziehungsweise den daraus abgeleiteten thematischen Karten gehören auch **statistische Angaben.** Hier interessieren hauptsächlich die kartierten Flächenanteile von Böden mit bestimmten Eigenschaften beziehungsweise von Eignungseinheiten. Wichtig können auch Zusatzinformationen sein über deren geographische Verteilung zum Beispiel auf Gemeinden, Regionen, Kantone, Höhenstufen, Klimaeinheiten usw.

8.6 Erläuterungsbericht

Karten und Legenden enthalten die wichtigsten Ergebnisse und Informationen. Für eine sachgerechte Benützung der Karten braucht es Erläuterungen.

Der Bericht sollte folgende Punkte enthalten:

- Inhaltsverzeichnis
- Zusammenfassung
- Auftrag
- Untersuchungsgebiet
- Kartiervorgang
- Böden, Bodenkarte
- Auswertungen (Vorgehen, Karten)
- Flächenstatistiken
- Folgerungen, Anwendungsmöglichkeiten
- Literatur
- Anhang (bodenkundliche Begriffe und Abkürzungen, ausführliche Legende usw.)

Bei der Bodenkarte 1:25'000 der FAP/FAL ist der Bericht immer dreigeteilt:

- gleichbleibender allgemeiner Teil
- blattspezifischer Teil
- ausführliche Legende

Teil III STANDORTBEURTEILUNG DURCH INTERPRETATION VON BODENKARTEN

Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung

9.1 Einleitung

9.2 Grundlagen zur Beurteilung der Nutzungseignung
- 9.2.1 Kriterien der Standortbeurteilung
- 9.2.2 Einteilung der Schweiz in sechs Nutzungsgebiete aufgrund der klimatischen Bedingungen
- 9.2.3 Umschreibung der zehn Eignungsklassen (Kurzform)
- 9.2.4 Wechselwirkungen von mehreren Standortmerkmalen

9.3 Standorteigenschaften und landwirtschaftliche Nutzungseignung
- 9.3.1 Rahmen für die Beziehungen zwischen den wichtigsten Bodenmerkmalen und den Eignungsklassen: Übersicht für die Nutzungsgebiete 1 bis 4
- 9.3.2 Umschreibung der zehn Eignungsklassen aufgrund der Standorteigenschaften
- 9.3.3 Zuordnungsschlüssel zur Ermittlung der Eignungsklassen in den Nutzungsgebieten 1 bis 4

9.4 Berücksichtigung von Wechselwirkungen
- 9.4.1 Wechselwirkungen zwischen Wasserhaushalt und Hangneigung in den Nutzungsgebieten 1 bis 4
- 9.4.2 Weitere Wechselwirkungen

Teil III STANDORTBEURTEILUNG DURCH INTERPRETATION VON BODENKARTEN

9 Standortbeurteilung bezüglich landwirtschaftlicher Nutzungseignung

9.1 Einleitung

Ein Hauptzweck von Bodenkarten liegt darin, dass mit ihnen eine objektive Beurteilung der Nutzungseignung eines Standortes möglich wird. Die Beurteilung wird unter dem Hauptkriterium der Nachhaltigkeit vorgenommen: jeder Standort soll so genutzt werden, dass sein Produktionspotential zumindest erhalten bleibt. Die Standortbeurteilung erfolgt flächenbezogen; normalerweise wird jede Teilfläche der Bodenkarte (mit mehr oder weniger homogenen Standorteigenschaften) für sich beurteilt.

Bodenkarten bilden in der Raumplanung eine unerlässliche Grundlage: Planer sind meistens auf die Umsetzung von bodenkundlichen Grundlagen angewiesen, zum Beispiel zur Ausscheidung von Fruchtfolgeflächen. Den Landwirten, die mit ihren standörtlichen Verhältnissen vertraut sind, kann die Interpretation der Bodenkarte in Form einer landwirtschaftlichen Eignungskarte Anbaurisiken aufzeigen.

Eignungsklassen (Kap. 9.2) und Interpretationsschlüssel (Kap. 9.3, 9.4) dienen der Vereinheitlichung der Standortbeurteilung. Es wird darauf hingewiesen, wie Wechselwirkungen, zum Beispiel zwischen Boden und Klima, zu berücksichtigen sind. Als Beispiel einer Wechselwirkung sei ein ziemlich flachgründiger Boden erwähnt, dessen Eignung für Futterbau in einem niederschlagsreichen und in einem niederschlagsarmen Klima völlig verschieden ist.

Die Interpretationsschlüssel ergeben einen Rahmen, der den Kartierenden die Eignungsinterpretation erleichtert. Regionale Abweichungen und Anpassungen bei der Gestaltung der Eignungslegende können fallweise vorgenommen werden. Selbstverständlich können mit solchen tabellarischen Schlüsseln nicht alle Fälle abschliessend interpretiert werden. Im Einzelfall sind besondere lokale Bedingungen, wie Waldschatten und Exposition, Säuregrad des Oberbodens und unregelmässige Oberflächengestalt gebührend zu berücksichtigen. In solchen Fällen ist die **Standortbeurteilung im Felde** während der Kartierarbeit unerlässlich; letztere ergibt auch sonst eine zuverlässigere Beurteilung als eine blosse Interpretation der Bodenkarte im Büro.

Im Anhang 1 wird an einem Beispiel gezeigt, wie die Interpretationsschlüssel zur Anwendung kommen.

9.2 Grundlagen zur Beurteilung der Nutzungseignung

9.2.1 Kriterien der Standortbeurteilung

Ansprüche der Einzelkultur: Ihre Formulierung stellt den ersten Schritt zur Eignungsbeurteilung dar. Welche Kultur lässt sich wo, wie gut und wie sicher anbauen? Fragen bezüglich der Ansprüche einzelner Kulturen an Klima und Boden in der Schweiz werden in „Der landwirtschaftliche Pflanzenbau" (Koblet 1965) behandelt. Erst wenn der Bezug zwischen den verschiedenen Ausprägungen von Standortmerkmalen und der Eignung für alle gebräuchlichen Kulturen hergestellt ist, macht man nächste Schritte.

Nutzungsformen oder Fruchtfolgetypen: Für jede Nutzungsform wird die minimal nötige Qualität sowohl der Bodeneigenschaften wie von Klima und Hangneigung festgelegt.

Eignung als zusammengesetzte Grösse: Kulturpflanzen haben Ansprüche an das Klima und an den Boden, und die Landwirtin oder der Landwirt stellt Ansprüche an die Mechanisierbarkeit der Feldarbeiten. Dies hat zur Folge, dass sich die Eignungsbeurteilung primär aus einer Betrachtung von Boden, Klima und Hangneigung zusammensetzt. Diese drei Merkmale sind gleich wichtig; an einem Standort wird dasjenige Merkmal die Eignung bestimmen, der die Anbaumöglichkeiten und/oder die Kulturwahl am stärksten einschränkt. Dabei sind auch Wechselwirkungen (Kap. 9.2.4) zu berücksichtigen.

Die „Bodeneignungskarte der Schweiz Massstab 1:200'000" (Bundesamt für Raumplanung 1980) enthält im zugehörigen Bericht den Bezug zwischen der Ausprägung eines Bodenmerkmals und der landwirtschaftlichen Eignung. Darin sind die oben erwähnten Zusammenhänge detailliert beschrieben.

Da hierzulande vorrangig das Klima die landwirtschaftliche Eignung bestimmt, wird die Schweiz in klimatisch definierte Nutzungsgebiete (Kap. 9.2.2) aufgeteilt. Geeignete Nutzungsformen sind in Eignungsklassen zusammengefasst (Kap. 9.2.3).

9.2.2 Einteilung der Schweiz in sechs Nutzungsgebiete aufgrund der klimatischen Bedingungen

Für die Klimaeignung werden als Grundlage die „Klimaeignungskarten für die Landwirtschaft in der Schweiz Massstab 1:200'000" (Der Delegierte für Raumplanung 1977a) herangezogen. Mit Hilfe ihrer Klimazonen können die klimatischen Bedingungen für die Landwirtschaft feingliedrig erfasst und dargestellt werden. Um die Auswirkungen der Niederschlagsverhältnisse auf die Nutzungseignung angemessen berücksichtigen zu können, wurden die in der Karte zusammengefassten Klimazonen (Beispiel D 1 - 4) wieder in ihre Grundelemente (D1, D2, D3, D4) aufgeteilt. Als klimatischer Rahmen für die Interpretation der landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten werden die Klimazonen danach wieder zu grösseren Einheiten zusammengefasst, innerhalb welcher die landwirtschaftliche Nutzung ähnlichen Einschränkungen unterliegt. Sie werden als klimatische Nutzungsgebiete bezeichnet.

9.2–2

Der Zusammenhang zwischen den massgeblichen Klimagrössen Niederschlagshaushalt sowie Vegetationsperiode / Höhenstufe und den Nutzungsgebieten ist in Abbildung 9.2a dargestellt. Die sechs Nutzungsgebiete sind in Tabelle 9.2a in knapper Form umschrieben.

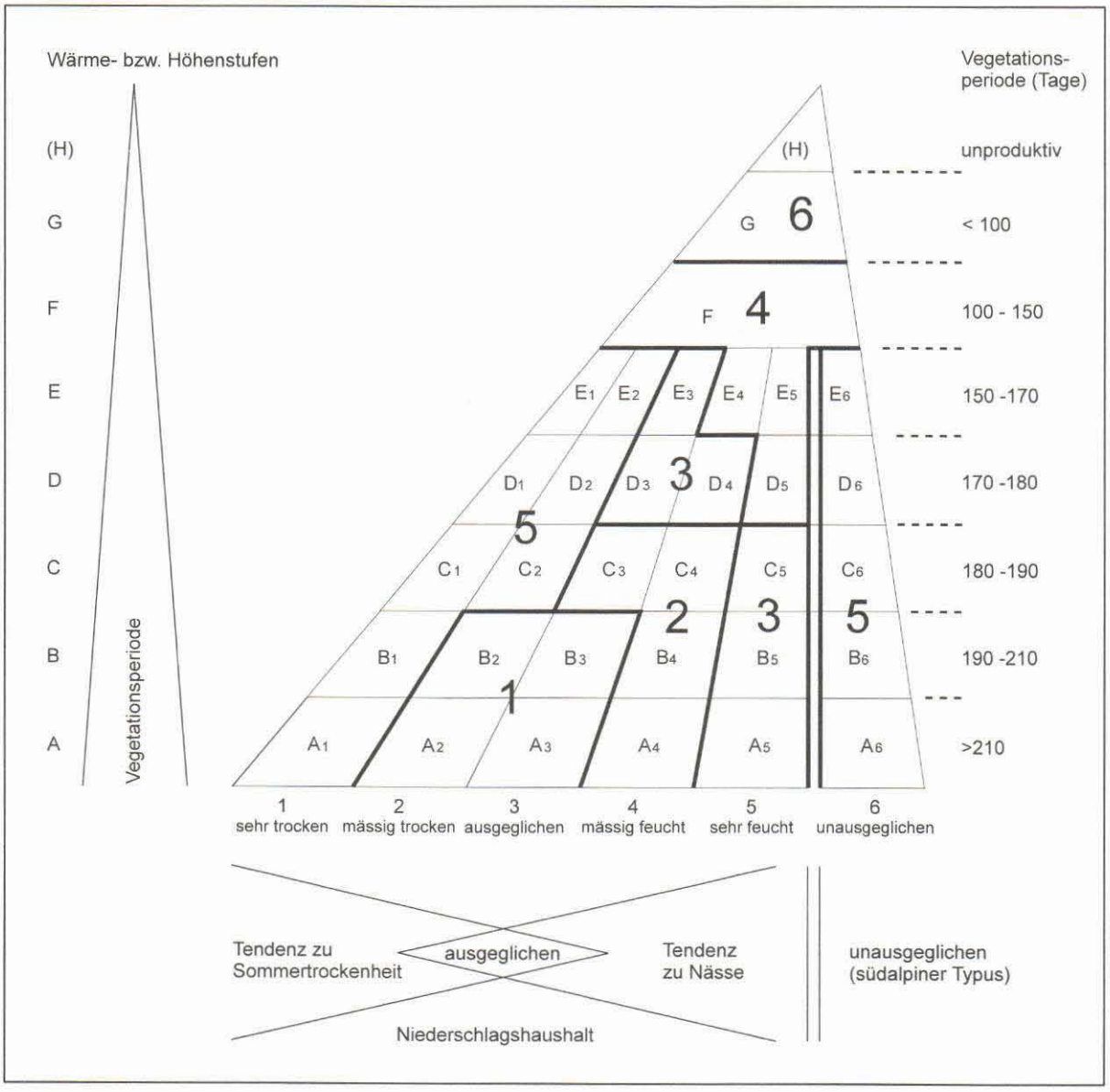


Abbildung 9.2a. Zusammenfassung der Klimazonen zu sechs landwirtschaftlichen Nutzungsgebieten [Quelle: Klimaeignungskarten für die Landwirtschaft in der Schweiz Massstab 1: 200'000 (Der Delegierte für Raumplanung 1977a) abgeändert]

Tabelle 9.2a. Umschreibung der sechs klimatischen Nutzungsgebiete (Abb. 9.2a)

Code	Bezeichnung des Nutzungsgebietes	Klimazonen	Beurteilung nach Kulturen	vorkommende Eignungsklassen (Tab. 9.2b)
1	Ackerbaugebiet mit vielseitigen Fruchtfolgen	A2, A3, B2, B3	für alle Kulturen günstig bis sehr günstig	1 - 10
2	Übergangsgebiet ackerbaubetont	A4, B4, C3, C4	Getreidebau wegen Nässerisiko beeinträchtigt; Futterbau günstig; Hackfruchtbau geeignet	2 - 10
3	Übergangsgebiet futterbaubetont	A5, B5, C5, D3, D4, E3	Futterbau günstig; Getreide- und Hackfruchtbau wenig bis nicht geeignet	5 - 10
4	Futterbaugebiet	D5, E4, E5, F	geeignet für Wiesen und Weiden	6 - 10
5	Landwirtschaftsgebiet mit spezieller Nutzung	A1, B1, (A2, B2), C1, C2, D1, D2, E1, E2, A6 - E6	wegen sehr unterschiedlichen Klimaverhältnissen variabel	1 - 10
6	Alpweiden	G, (H)	geeignet für Alpweiden	9 und 10

(...): Klimazonen gehören zum Teil zum entsprechenden Nutzungsgebiet

Eine Besonderheit ist das Nutzungsgebiet 5 "Landwirtschaftsgebiet mit spezieller Nutzung". In dieser Gruppe sind die besonders durch den Niederschlagshaushalt geprägten Klimazonen zusammengefasst: Einerseits diejenigen mit einer ausgeprägten Tendenz zur Sommertrockenheit (A1 bis E1, C2 bis E2, teilweise A2 und B2) und andererseits diejenigen mit unausgeglichenen, südalpinen Niederschlagsverhältnissen (A6 bis E6).

Die klimatischen Einschränkungen in einem Nutzungsgebiet haben zur Folge, dass dort nur eine beschränkte Anzahl von Nutzungsformen möglich ist. Dementsprechend ist auch die Auswahl an Eignungsklassen (Definition in Kapitel 9.2.3) für dieses Nutzungsgebiet eingeschränkt.

9.2.3 Umschreibung der zehn Eignungsklassen (Kurzform)

Aus dem Bestreben heraus, die Legenden der Landwirtschaftlichen Eignungskarten zu vereinheitlichen, sind die Eignungsklassen hier knapp und unabhängig von den klimatisch definierten Nutzungsgebieten umschrieben. In dieser Form sollen sie in allen Bodenkartierungsprojekten den Grundstock der Legende zur landwirtschaftlichen Eignungskarte bilden. Sie können für regionale Bedürfnisse ergänzt werden. Zum Beispiel können in Gebieten, wo aus klimatischen Gründen nur futterbauliche Nutzung in Frage kommt (Nutzungsgebiete 4 und 6), die Eignungsklassen 7 bis 10 unterteilt werden.

Tabelle 9.2b. Die zehn Eignungsklassen und ihre Umschreibung

Code	Eignungsklasse
1	**Uneingeschränkte Fruchtfolge 1. Güte** **Uneingeschränkte Kulturwahl mit sicheren Erträgen.** Anbau aller Kulturen, einschliesslich Hackfrüchte und Feldgemüse, ohne Einschränkungen möglich; geringer Aufwand bei Bodenbearbeitung, Bestell- und Erntearbeiten.
2	**Uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte** **Uneingeschränkte Kulturwahl bei etwas erschwerenden Anbaubedingungen.** Anbau aller Kulturen möglich; etwas weniger hohe Ertragssicherheit, leicht erhöhter Aufwand bei Bodenbearbeitung, Bestell- und Erntearbeiten.
3	**Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte** **Vielseitiger Ackerbau, Hackfruchtanbau eingeschränkt.** Vielseitiger Ackerbau mit Schwergewicht auf Getreidebau; Anbau aller Kulturen möglich, Hackfrüchte mit geringerer Ertragssicherheit in Extremjahren und mit erhöhtem Aufwand bei Bodenbearbeitung, Bestell- und Erntearbeiten.
4	**Getreidebetonte Fruchtfolge 2. Güte** **Einseitiger Ackerbau, Getreidebau bevorzugt.** Genügende Eignung für Getreidebau; vielseitiger Ackerbau unmöglich mangels Ertragssicherheit (Sommertrockenheit) und/oder wegen zu grossem Aufwand bei Bodenbearbeitung, Bestell- und Erntearbeiten; Hackfruchtanbau meist stark eingeschränkt; geringe Ertragssicherheit im Futterbau.
5	**Futterbau bevorzugt; Ackerbau stark eingeschränkt** **Futterbau, sehr stark eingeschränkte Fruchtfolge.** Futterbau mit sicheren Erträgen; Ackerbau wegen grosser Hangneigung, Vernässung und/oder hohem Bodenskelettgehalt limitiert; Getreidebau möglich.
6	**Futterbaubetonte Fruchtfolge** **Futterbau bevorzugt, einseitiger Ackerbau möglich.** Futterbau mit sicheren Erträgen, Ackerbau wegen grosser Hangneigung, Erosions- oder Verdichtungsgefahr limitiert; Getreidebau mit genügender Ertragssicherheit, Hackfruchtanbau meist stark eingeschränkt.

Tabelle 9.2b. (Fortsetzung)

Code	Eignungsklasse
7	**Wies- und Weideland** **Vielseitige Wiesland- oder Mähweidenutzung.** Mittlere Nutzungsintensität mit genügender Ertragssicherheit; Grossviehweide sowie Ernte mit Ladewagen möglich.
8	**Wiesland: wegen Nässe nur zum Mähen geeignet** **Einseitige Schnittnutzung.** Reduzierte Nutzungsintensität mit genügender Ertragssicherheit; starke Einschränkung in der Befahrbarkeit und Weidenutzung.
9	**Extensives Wies- und Weideland** **Extensive Schnittnutzung (Dürrfutter) oder extensives Weideland.** Geeignete Nutzungsart von Hangneigung und Wasserhaushalt abhängig.
10	**Streueland** **Streuelandnutzung.** Wegen dauernder Vernässung nur als Streueland nutzbar.

Im Kapitel 9.3 werden für jede der zehn Eignungsklassen die nötigen Ausprägungen einzelner Standortsmerkmale tabellarisch dargestellt sowie eine ausführliche Umschreibung der Eignungsklassen angegeben. Im Anhang 4 ist eine Farbtafel mit praxisbewährter Zuordnung von Farben zu Eignungsklassen für Eignungskarten enthalten.

9.2.4 Wechselwirkungen von mehreren Standortmerkmalen

Einzelne Klimaelemente, Relief- und Bodeneigenschaften können sich in ihren pflanzenbaulichen Auswirkungen gegenseitig ausgleichen oder verstärken. Wegen diesen Wechselwirkungen wird die Eignung in Abhängigkeit des klimatischen Nutzungsgebietes beurteilt (Kap. 9.3 und 9.4). Einige grundlegende Überlegungen zu ausgewählten Wechselwirkungen finden sich nachfolgend.

Wechselwirkung zwischen Klima und Vernässung:

Je trockener das Klima, desto weniger ungünstig ist eine Grund- oder Hangwasservernässung zu bewerten. Im Extremfall ist eine (leichte) Vernässung sogar günstiger als keine zu beurteilen. Die Wechselwirkung zwischen trockenem Klima und Vernässung führt also zu einer Korrektur im positiven Sinn. Umgekehrt ist das Zusammenwirken von Vernässung und niederschlagsreichem Klima in den meisten Fällen mit einer Verschlechterung der Anbaueignung verbunden.

Wechselwirkung zwischen Klima und Gründigkeit / Wasserspeichervermögen:
Mächtige Gründigkeiten weisen sowohl bei trockenem als auch bei feuchtem Klima Vorteile auf (grösseres Speicher- und Nachlieferungsvermögen), so dass keine Wechselwirkung berücksichtigt werden muss. Eine positive Wechselwirkung tritt erst auf bei verminderten

Gründigkeiten in Gebieten mit einer positiven klimatischen Wasserbilanz, das heisst wenn die Niederschläge während der Hauptvegetationszeit grösser sind als die Evapotranspiration.

Umgekehrt sind die meisten Kulturen auf weniger gründigen Böden in trockenen Klimazonen benachteiligt (negative Wechselwirkung).

Wechselwirkung zwischen Klima und Durchlässigkeit:

Im trockenen Klima mit negativer klimatischer Wasserbilanz - Niederschläge kleiner als Evapotranspiration während der Hauptvegetationszeit - ist eine übermässige Durchlässigkeit negativ zu bewerten, stauende Schichten im allgemeinen eher positiv. Im niederschlagsreichen Klima ist übermässige Durchlässigkeit positiv zu bewerten; die Pseudogleyigkeit, durch schlecht durchlässige Schichten verursacht, schmälert hingegen in niederschlagsreichen Klimazonen Anbaueignung und Ertragssicherheit.

9.3 Standorteigenschaften und landwirtschaftliche Nutzungseignung

9.3.1 Rahmen für die Beziehungen zwischen den wichtigsten Bodenmerkmalen und den Eignungsklassen: Übersicht für die Nutzungsgebiete 1 bis 4.

Die Zuordnung eines Standortes zu einer Eignungsklasse wird durch das am stärksten einschränkende Merkmal bestimmt. Das können ausser dem Klima sein:

- der Wasserhaushalt des Bodens
- die pflanzennutzbare Gründigkeit
- die Zusammensetzung der Ackerkrume (Bodenskelett, Körnung, Humus)
- die Geländeform

Die Zuordnungs- beziehungsweise Abgrenzungsbedingungen für die Nutzungsgebiete 1 bis 4 (9.2.2) sind in den nachfolgenden Tabellen 9.3a bis 9.3d zusammenfassend dargestellt. Damit soll eine Übersicht über die Zuordnung zu den einzelnen Eignungsklassen ermöglicht werden. Zur besseren Übersicht sind darin die klassentypischen Ausprägungen fett hervorgehoben, während mit Normalschrift weitere mögliche Ausprägungen der Standortmerkmale aufgeführt sind.

Den Zusammenhang zwischen einzelnen Standortmerkmalen und der Einteilung in die Eignungsklassen zeigt Kapitel 9.3.3.

Für das Nutzungsgebiet 5 kann keine zusammenfassende Darstellung gegeben werden. Einerseits liegen nur wenige Felderfahrungen bezüglich Nutzungsinterpretation vor, andererseits ist dies in der Heterogenität (Tessin und Wallis sind klimatisch sehr verschieden) des Gebietes mit zum Teil Vorherrschen von Spezialkulturen begründet.

Im Nutzungsgebiet 6 kommen lediglich verschiedene Futterbau- und Weidenutzungsarten in Frage; diese müssen vorwiegend über die Vegetationskartierung ermittelt werden.

Tabelle 9.3a. Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im **„Ackerbaugebiet"** (Klimazonen A2, A3, B2, B3 = Nutzungsgebiet 1)

fett = Typische Ausprägung eines Merkmals, bei der ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft wird (Böden mit höchstens einem limitierenden Merkmal*)

Normalschrift = Mögliche (weitere) Ausprägungen, bei denen ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft werden kann (meistens wegen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Bodenmerkmalen, Relief und Klima)

Wasserhaushalt (profilumfassend)				Zusammensetzung des Oberbodens (0-25 cm)			Relief		Eignung
pflanzennutzbare Gründigkeit	Vernässungsgrad		Wasserhaushaltsgruppe	Skelettklasse	Körnungsklasse	Humus %	Geländeform	(Neigung)	Eignungs-klasse
	Staunässe	Fremdnässe							
> 70 cm	**-, I1**	**-, G1, G2** G3, R1	**a, b** k	**0, 1**	**5, 6** 12	**2-5** 5-10	**a-d** e	(bis max. 10 %)	1
50-70 cm > 70 cm	**I2** -, I1	**G3, R1** -,G1, G2	**c, f, g, k, l** a, b	**2** 0, 1	**3, 4, 12** 5, 6, 7	**bis 2, 5-10** 2-5	**e, f, g, h** a-d, i	(bis max. 15 %)	2
> 50 cm	-, I1- I3	-, G1-G4, R1-R2	a-c, f, g, k, l, o, s, t	**3, 4** 0-2	**7** 2, 3, 4, 5, 12	bis 10	**j** a-h	(bis max. 20 %)	3
30-50 cm > 50 cm	**I3** -, I1, I2, I4	-, G1-G4	**d, h, m, o** a-c, f, g, k, l, s, t	**5, 6** 0-4	**2, 8, 9, 10, 11, 13** alle anderen	bis 10	**k, l, m** a-j	(bis max. 25 %)	4
> 50 cm	-, I1-I4	**G4 , R2** -, G1-G5, R1	**s, t** a-c, f, g, k, l, o	0-4	2-13	**10 bis 30** alle anderen	a-m	(bis max. 25 %)	5
> 30 cm	**I4** -, I1-I3	**G5, R3** -, G1-G4, R1, R2	**p, q, u, v** a-o, s, t, ohne e, i, n	0-6	alle	**> = 30** < 30	a-m	(bis max. 25 %)	6
> 30 cm	-, I1-I4	**G6** -, G1-G5, R1-R3	**w** a-v, ohne e, i, n, r	**7, 8** 0-6	alle	alle	**n-r** a-q	(bis max. 35 %)	7
alle		G4-G6, R3-R4	**w, x** u, v	alle	alle	alle	a-n	(bis max. 25 %)	8
< 30 cm > 30 cm	-, I1-I4	-, G1- G6, R1-R4	**r, e, i, n** a-y	**9** 0-8	**1** 2-13	alle	**s-z** a-r	(alle)	9
< 30 cm		**R4, R5**	**y, z**	alle	alle	alle	alle	(alle)	10

- = keine Vernässung * = ein Boden weist keine Limitierung auf, wenn er folgende Merkmalsausprägungen aufweist:
Gründigkeit > = 100 cm, keine Vernässung, Skelettklassen 0 oder 1, Körnungsklassen 5 oder 6, Humus 2-5 %, Neigung 0-5 %

Die Klasseneinteilungen für Wasserhaushalts-, Oberbodenmerkmale und Geländeform sind in Teil I bzw. II beschrieben.

Tabelle 9.3b. Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im **„Übergangsgebiet ackerbaubetont“**
(Klimazonen A4, B4, C3, C4 = Nutzungsgebiet 2)

fett = Typische Ausprägung eines Merkmals, bei der ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft wird (Böden mit höchstens einem limitierenden Merkmal*)

Normalschrift = Mögliche (weitere) Ausprägungen, bei denen ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft werden kann (meistens wegen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Bodenmerkmalen, Relief und Klima)

Wasserhaushalt (profilumfassend)				Zusammensetzung des Oberbodens (0-25 cm)			Relief		Eignung
pflanzennutzbare Gründigkeit	Vernässungsgrad		Wasserhaushaltsgruppe	Skelettklasse	Körnungsklasse	Humus %	Geländeform	(Neigung)	Eignungsklasse
	Staunässe	Fremdnässe							
> 50 cm	**-, I1** I2	**-, G1, G2, R1** G3	**a, b, c** f, g, k, l	**0, 1, 2**	**5, 6** 3, 4, 12, 7	**bis 10**	**a-e**	(bis max. 10 %)	2
> 50 cm	**I2** -, I1	**G3** -, R1, R2	**f, g, k, l** a, b, c,	**3, 4** 0-2	**4** 3, 5-7, 12	bis 10	**f-i** a-e	(bis max. 15 %)	3
30-50 cm > 50 cm	**I3** -, I1, I2	-, G1-G4	**d, h, m, o** a-c, f, g, k, l, s, t	**5, 6** 0-4	**3, 7, 12** 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13	bis 10	**j** a-i	(bis max. 20 %)	4
> 50 cm	-, I1-I3	**G4 , R2** -, G1-G5, R1	**s, t** f, g, k, l, a-c, o	0-4	**2, 10, 11** 3-13, ohne 9	**10 bis 30** alle anderen	a-j	(bis max. 20 %)	5
> 30 cm	**I4** -, I1-I3	**G5** -, G1-G4, R1-R2	**p, q, u, v** a-o, q-t, ohne e, i, n	0-6	**1, 8** 2-13	**> = 30** < 30	**k-m** a-j	(bis max. 25 %)	6
> 30 cm	-, I1-I4	**G6, R3** -, G1-G5, R1-R2	**w** a-v, ohne e, i, n, r	**7, 8** alle	**9, 13** alle anderen	alle	**n-r** a-q	(bis max. 35 %)	7
alle		G4-G6, R1-R4	**x** u, v, w	alle	alle	alle	a-n	(bis max. 25 %)	8
< 30 cm > 30 cm	-, I1-I4	-, G1-G6, R1-R4	**r, e, i, n** a-y	**9** 0-8	alle	alle	**s-z** a-r	(alle)	9
< 30 cm		**R4, R5**	**y, z**	alle	alle	alle	alle	(alle)	10

- = keine Vernässung
* = ein Boden wiest keine Limitierung auf, wenn er folgende Merkmalsausprägungen aufweist:
Gründigkeit > = 100 cm, keine Vernässung, Skelettklassen 0 oder 1, Körnungsklassen 5 oder 6, Humus 2-5 %, Neigung 0-5 %

Die Klasseneinteilungen für Wasserhaushalts-, Oberbodenmerkmale und Geländeform sind in Teil I bzw. II beschrieben.

Tabelle 9.3c. Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im **„Übergangsgebiet futterbaubetont"** (Klimazonen A5, B5, C5, D3, D4, E3 = Nutzungsgebiet 3)

fett = Typische Ausprägung eines Merkmals, bei der ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft wird (Böden mit höchstens einem limitierenden Merkmal*)

Normalschrift = Mögliche (weitere) Ausprägungen, bei denen ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft werden kann (meistens wegen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Bodenmerkmalen, Relief und Klima)

Wasserhaushalt (profilumfassend)				Zusammensetzung des Oberbodens (0-25 cm)			Relief		Eignung
pflanzennutzbare Gründigkeit	Vernässungsgrad		Wasserhaushaltsgruppe	Skelettklasse	Körnungsklasse	Humus %	Geländeform	(Neigung)	Eignungsklasse
	Staunässe	Fremdnässe							
> 50 cm	**-, I1-I2**	**-, G1-G4, R1**	**a, b, c, f, g, k, l, s, t**	**0-4**	**2-6** 7, 10-12	**bis 30** > 30	**a-j**	(bis max. 20 %)	5
30-50 cm > 50 cm	**I3** -, I1, I2	**G5, R2** -, G1-G4, R1	**d, h, m, u, v** o, s, t, q-t, ohne e, i, n, r	**5, 6** 0-4	**1, 7, 10-12** 2-6, 8, 13	**> = 30** < 30	**k-m** a-j	(bis max. 25 %)	6
> 30 cm	-, I1-I4	**G6** -, G1-G5, R1-R3	**o-q, w** a-v, ohne e, i, n, r	**7, 8** alle anderen	**8, 9, 13** alle anderen	alle	**n-r** a-q	(bis max. 35 %)	7
alle		**R3** G4-G6, R1-R4	**w, x** u, v, w	alle	alle	alle	a-n	(bis max. 25 %)	8
< 30 cm > 30 cm	**I4** -, I1-I4	-, G1- G6, R1-R4	**r, e, i, n** a-y	**9** 0-8	alle	alle	**s-z** a-r	(alle)	9
< 30 cm		**R4, R5**	**y, z**	alle	alle	alle	alle	(alle)	10

- = keine Vernässung
* = ein Boden wiest keine Limitierung auf, wenn er folgende Merkmalsausprägungen aufweist:
Gründigkeit > = 100 cm, keine Vernässung, Skelettklassen 0 oder 1, Körnungsklassen 5 oder 6, Humus 2-5 %, Neigung 0-5 %

Die Klasseneinteilungen für Wasserhaushalts-, Oberbodenmerkmale und Geländeform sind in Teil I bzw. II beschrieben.

Tabelle 9.3d. Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im **„Futterbaugebiet“** (Klimazonen D5, E4, E5, F = Nutzungsgebiet 4)

fett = Typische Ausprägung eines Merkmals, bei der ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft wird (Böden mit höchstens einem limitierenden Merkmal*)

Normalschrift = Mögliche (weitere) Ausprägungen, bei denen ein Boden in die entsprechende Eignungsklasse eingestuft werden kann (meistens wegen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Bodenmerkmalen, Relief und Klima)

Wasserhaushalt (profilumfassend)				Zusammensetzung des Oberbodens (0-25 cm)			Relief		Eignung
pflanzennutzbare Gründigkeit	Vernässungsgrad		Wasserhaushaltsgruppe	Skelettklasse	Körnungsklasse	Humus %	Geländeform	(Neigung)	Eignungs-klasse
	Staunässe	Fremdnässe							
> 30 cm	**-, I1-I2**	**-, G1-G4** -, R1	**a-d, f, g, h, k, l, m, s, t, u**	**0- 6**	**2-7, 10-12**	alle	**a-n**	(bis max. 25 %)	6
> 30 cm	**I3** -, I1-I4	**G5** -, R1-R3	**o, p, q, v, w** a-v, ohne e, i, n, r	**7- 8** 1-6, 9	**1, 8, 9, 13** alle anderen	alle	**o-r** a-n	(bis max. 35 %)	7
alle		**G6, R3** G1-G5, R1-R4	**x** u, v, w	alle	alle	alle	a-n	(bis max. 25 %)	8
< 30 cm > 30 cm	**I4** -, I1-I3	-, G1- G5, R1-R4	**r, e, i, n** a-y	**9** 1-8	alle	alle	**s-z** a-r	(alle)	9
< 30 cm		**R4, R5**	**y, z**	alle	alle	alle	alle	(alle)	10

- = keine Vernässung
* = ein Boden wiest keine Limitierung auf, wenn er folgende Merkmalsausprägungen aufweist:
Gründigkeit > = 100 cm, keine Vernässung, Skelettklassen 0 oder 1, Körnungsklassen 5 oder 6, Humus 2-5 %, Neigung 0-5 %

Die Klasseneinteilungen für Wasserhaushalts-, Oberbodenmerkmale und Geländeform sind in Teil I bzw. II beschrieben.

9.3.2 Umschreibung der zehn Eignungsklassen aufgrund der Standorteigenschaften

Wie bereits in Kapitel 9.2.3 kurz erwähnt, werden Eignungsklassen unabhängig vom Klimafaktor umschrieben. Dem Klima trägt man bei der Eignungsbeurteilung in zwei Stufen Rechnung. Zuerst sind die zur Auswahl stehenden Eignungsklassen durch das klimatische Nutzungsgebiet (Tab. 9.2a) vorgegeben (Regionalklima). Zur Festlegung der Eignungsklasse für eine bestimmte Teilfläche wird danach das Lokalklima (Exposition, Waldschatten, usw.) mitberücksichtigt. In diesem Unterkapitel wird jede der zehn Eignungsklassen aufgrund der charakteristischen Qualität der wichtigsten Bodenmerkmale und der Hangneigung entsprechender Standorte (ohne klimatische Limitierung) beschrieben. Im Anhang 5 findet sich eine grundlegende Übersicht zum Thema „Hangneigung und Nutzungsmöglichkeit respektiv Maschineneinsatz".

Eignungsklasse 1. Uneingeschränkte Fruchtfolge 1. Güte

Standorte mit besten Eigenschaften. Das Wasser- und Nährstoffrückhaltevermögen garantiert eine hohe Ertragssicherheit. Weder Bodenzusammensetzung, Gefüge, Durchlässigkeit, noch Hangneigung stellen eine Limitierung für die Bewirtschaftung (insbesondere Bodenbearbeitung, Saat und Ernte) irgendeiner Kultur dar.

Gründigkeit	mindestens tiefgründig.
Wasserhaushalt	normal durchlässige sowie grund- und hangwasserbeeinflusste Böden.
Oberboden	bis „schwach skeletthaltig", sandiger Lehm und Lehm, mit natürlich guter Struktur und einem Humusgehalt zwischen 2 - 10 %. Keine Verschlämmungs- beziehungsweise Erosionsgefährdung.
Gesamtaspekt Boden	Die Böden sind tiefgründig mit günstiger Zusammensetzung der Feinerde, schwach sauer bis kalkhaltig, sowie mit normaler bis sehr hoher Bioaktivität (Durchwurzelung, Wurmgänge, Umsatz der organischen Substanz).
Hangneigung	bis 10 % und keine Behinderung beim Hackfruchtbau.

Eignungsklasse 2. Uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte

Standorte mit guten bis besten Eigenschaften. Das Wasser- oder Nährstoffrückhaltevermögen ist zum Teil nicht optimal (aber normalerweise ausreichend) oder die Bewirtschaftung ist durch einen oder mehrere Standorteigenschaften leicht eingeschränkt.

Gründigkeit	mindestens mässig tiefgründig.
Wasserhaushalt	normal durchlässige sowie grund-, hang- und stauwasserbeeinflusste Böden.
Oberboden	bis kieshaltig, lehmiger Sand bis toniger Lehm und lehmiger Schluff.
Gesamtaspekt Boden	Die Böden können durch Versauerung (Saure Braunerden mit schwach saurem Oberboden) und / oder geringerer Durchwurzelungsintensität im Unterboden (Lagerung, Porenverteilung, Skelettgehalt) eingeschränkt sein.
Hangneigung	bis 15 % und Vollerntemaschinen im Hackfruchtbau möglich.

Eignungsklasse 3. Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte

Standorte mit guten Eigenschaften. Das Wasser- und Nährstoffrückhaltevermögen ist gut. In dieser Klasse sind vor allem Standorte, deren Skelettgehalt den Hackfruchtanbau einschränkt, eingeteilt.

Gründigkeit	mindestens mässig tiefgründig; im Unterboden keine extrem hohe Durchlässigkeit.
Wasserhaushalt	normal durchlässige, grund-, hang- und stauwasserbeeinflusste sowie grund-, hang- und stauwassergeprägte, selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden.
Oberboden	bis „stark kieshaltig", lehmiger Sand bis toniger Lehm und lehmiger Schluff.
Gesamtaspekt Boden	Die Böden können durch Versauerung (Saure Braunerden mit schwach saurem Oberboden) und / oder geringerer Durchwurzelungsintensität im Unterboden (Lagerung, Porenverteilung, Skelettgehalt, Vernässung) eingeschränkt sein.
Hangneigung	bis 20 %.

Eignungsklasse 4. Getreidebetonte Fruchtfolge 2. Güte

Standorte mit Eigenschaften, die deutliche Ertrags- und / oder Nutzungseinschränkungen verursachen. Die geringe nutzbare Wasserkapazität, hoher Steingehalt und / oder extreme Körnung schränken das Ertragspotential und / oder die Bewirtschaftung (insbesondere die Bodenbearbeitung) ein. Aus diesen Gründen ist auf diesen Standorten der Hackfruchtbau generell und beim Getreidebau die Ertragssicherheit eingeschränkt.

Gründigkeit	mässig tiefgründig oder ziemlich flachgründig.
Wasserhaushalt	normal durchlässige, grund-, hang- und stauwasserbeeinflusste sowie grund-, hang- und stauwassergeprägte, selten bis zur Oberfläche porengesättigte Böden.
Oberboden	bis „stark steinhaltig", alle Körnungsklassen. Labilaggregierte Böden nur bis zu einer Hangneigung von 10 %. Saurer bis karbonatreicher Oberboden.
Gesamtaspekt Boden	Die Durchwurzelungstiefe und / oder -Intensität ist durch die pflanzennutzbare Gründigkeit, Lagerung, Porenverteilung, oder den Skelettgehalt stark eingeschränkt.
Hangneigung	bis 25 % und Ernte mit Mähdrescher möglich.

Eignungsklasse 5. Futterbaubetonte Fruchtfolge

Standorte mit guten ertragsbildenden Eigenschaften, jedoch mit Einschränkungen für die Bewirtschaftung. Die Bewirtschaftung ist vorwiegend durch Grund-, Hang- oder Stauvernässung behindert oder eingeschränkt. Das Wasser- und Nährstoffrückhaltevermögen ist gut.

Gründigkeit	tiefgründig und mässig tiefgründig.
Wasserhaushalt	normal durchlässige, durch Grund-, Hang- und Stauwasser beeinflusste oder geprägte Böden (davon nur die selten bis zur Oberfläche

	porengesättigten).
Oberboden	bis „stark kieshaltig", alle Körnungsklassen.
Gesamtaspekt Boden	Die Böden weisen eine hohe nutzbare Wasserkapazität auf. Die Begrenzung der landwirtschaftlichen Nutzung liegt in der unzureichenden Bearbeitbarkeit des Oberbodens, Verdichtungs- und Erosionsgefährdung bedingt durch Vernässung, hohen Säuregehalt und / oder kritische Körnung. Die Einschränkung dieser Standorte liegt daher nicht im Ertragspotential, sondern in den bodenschonenden Massnahmen, die beachtet werden müssen, um dieses Potential zu erhalten.
Hangneigung	bis 25 % und Ackerbau-Mechanisierung gut möglich.

Eignungsklasse 6. Futterbau bevorzugt; Ackerbau stark eingeschränkt

Standorte mit stark limitierenden Eigenschaften für eine ackerbauliche Nutzung. Futterbau, unter bestimmten Bedingungen auch Anbau von Getreide (zum Beispiel mit nachfolgender KW-Neuansaat), kann als standortgerechte Bewirtschaftung bezeichnet werden. Das Wasserrückhaltevermögen ist gut oder die Versorgung mit verfügbarem Wasser ist durch Zufuhr von Fremdwasser ausreichend.

Gründigkeit	mindestens mässig tiefgründig oder dann ziemlich flachgründig und grund-/hangwasserbeeinflusst oder -geprägt.
Wasserhaushalt	normal durchlässige Böden mit guter bis genügender nutzbarer Wasserkapazität sowie grund-, hang- und stauwasserbeeinflusste und -geprägte Böden (bis „häufig bis zur Oberfläche porengesättigt").
Oberboden	bis „stark steinhaltig", alle Körnungsklassen.
Gesamtaspekt Boden	Der Ackerbau ist durch die Zusammensetzung des Oberbodenmateriales (Skelett, Körnung und / oder Humusgehalt) oder durch die Aggregierungseigenschaften des Oberbodenmateriales stark eingeschränkt. Auch die Vernässung im Unterboden kann die Einstufung in diese Klasse rechtfertigen. Die Wasserversorgung der Kulturen ist so, dass die Ertragssicherheit genügt. Ein vielseitiger Ackerbau ist bei diesen Böden aus Gründen der Bearbeitbarkeit nicht zu empfehlen.
Hangneigung	bis 25 % und Ernte mit Ladewagen beziehungsweise Mähdrescher möglich.

Eignungsklasse 7. Wies- und Weideland

Standorte für eine ausschliesslich futterbauliche Nutzung mit genügender bis hoher Ertragssicherheit. Je nach Hangneigung liegt das Schwergewicht auf der Mäh- oder auf der Weidenutzung. Das Wasser- und Nährstoffrückhaltevermögen ist derart, dass bei mittlerer Nutzungsintensität genügende Ertragssicherheit gewährleistet ist. Standorte mit hoher Ertragssicherheit aber mit über 25 % Hangneigung sind aus Gründen der Bewirtschaftbarkeit (Ernteerschwernisse mit Ladewagen usw.) dieser Klasse zugeordnet.

Gründigkeit	mindestens ziemlich flachgründig oder dann flachgründig und grund-/hangwasserbeeinflusst oder -geprägt.

Wasserhaushalt	alle Wasserhaushaltsgruppen ausser den dauernd und meist bis zur Oberfläche porengesättigten fremdwassergeprägten Böden.
Oberboden	alle Skelett- und Körnungsklassen, alle Humusformen.
Gesamtaspekt Boden	Die Böden sind sehr unterschiedlich, da ganz verschiedene Merkmale zu dieser Einstufung führen können.
Hangneigung	bis 35 % und Hangtraktor mit Ladewagen sowie Grossviehweide möglich.

Eignungsklasse 8. Wiesland: wegen Nässe nur zum Mähen geeignet

Standorte für eine einseitige Wieslandnutzung. Die Böden weisen meist eine hohe Ertragssicherheit auf, die Nutzungsmöglichkeiten sind jedoch infolge Vernässung auf die Schnittnutzung beschränkt.

Gründigkeit	alle Klassen.
Wasserhaushalt	Grund-, hang- und stauwassergeprägte Böden mit häufig oder meist porengesättigtem Oberboden.
Oberboden	alle Skelett- und Körnungsklassen, sowie alle Humusformen.
Gesamtaspekt Boden	Hierher gehören viele Nassböden (Buntgley, Fahlgley und Halbmoor).
Hangneigung	bis 25 % und Normaltraktor mit Ladewagen möglich.

Eignungsklasse 9. Extensives Wies- und Weideland

Standorte für eine extensive Wieslandnutzung. Die Böden weisen infolge geringer verfügbarer Wasserkapazität ein geringes Ertragspotential auf oder der Standort ist infolge Hangneigung nur für eine extensive Bewirtschaftung geeignet.

Gründigkeit	flachgründig.
Oberboden	meist Böden mit extremen Skelett- und Körnungsausprägungen.
Gesamtaspekt Boden	Die Böden sind stark vom rohen Ausgangsmaterial geprägt.
Hangneigung	Ab 35 % Hangneigung werden alle Standorte (unabhängig von der Gründigkeit) dieser Eignungsklasse zugeordnet. Ausnahme: Böden, die eine Einteilung in die Eignungsklasse 10 rechtfertigen.

Eignungsklasse 10. Streueland

Standorte die ausschliesslich eine Streuelandnutzung erlauben. Darunter fallen alle Standorte, die sehr stark von Grund- und Hangwasser geprägt sind und deren Oberboden deshalb meist oder dauernd porengesättigt ist.

9.3.3 Zuordnungsschlüssel zur Ermittlung der Eignungsklassen in den Nutzungsgebieten 1 bis 4

Die Zuordnung zu den einzelnen Eignungsklassen erfolgt im wesentlichen aufgrund der folgenden Standortmerkmalen

(a) Pflanzennutzbare Gründigkeit (Wasserspeichervermögen des Bodens)

(b) Stauwassereinfluss (Wasserstau im Boden)

(c) Grund- / Hangwassereinfluss (Fremdvernässung des Bodens)

(d) Steingehalt in der Bearbeitungsschicht

(e) Bodenart der Bearbeitungsschicht (Feinerdekörnung, Humusgehalt)

(f) Oberflächengestalt und Hangneigung

Die entsprechenden Merkmalausprägungen eines bestimmten Standortes sind aus der Bodenkarte beziehungsweise aus der dazugehörigen Bodenkartenlegende ersichtlich.

Im Normalfall wird die Zuordnung zu einer Eignungsklasse durch das am stärksten einschränkende Standortmerkmal bestimmt. Für die Zuordnung zu einer Eignungsklasse aufgrund eines einzelnen Standortmerkmals liefern die sechs Tabellen 9.3e bis 9.3j die Richtlinien je in den Nutzungsgebieten:

1 Ackerbaugebiet

2 Übergangsgebiet ackerbaubetont

3 Übergangsgebiet futterbaubetont

4 Futterbaugebiet

Das am stärksten limitierende Standortmerkmal wird in den landwirtschaftlichen Eignungskarten, die von den Bodenkarten durch Interpretation abgeleitet werden, in Codeform zusammen mit der Eignungsklassennummer angegeben. 4G bedeutet, dass die Eignungsklasse 4 aufgrund der Gründigkeit (Limitierungsfaktor-Code: G), als das am stärksten limitierende Merkmal des Standortes, zugeordnet wurde.

Eine Liste von Merkmalen (inkl. Code) die die landwirtschaftliche Eignung häufig limitieren, ist in Kapitel 4.2.2 enthalten.

Das Vorgehen bei Wechselwirkungen zwischen zwei oder mehr Standortmerkmalen wird in Kapitel 9.4 beschrieben.

Tabelle 9.3e. Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund der pflanzennutzbaren Gründigkeit (limitierendes Merkmal: G).

Gründigkeit, G			**Eignungsklasse**			
Gründigkeitsklasse (Tab. 5.3b)		Code	Ackerbau-gebiet	Übergangsgebiet ackerbaubetont	Übergangsgebiet futterbaubetont	Futterbau-gebiet
extrem tiefgründig	> 150 cm	0	1	2	5	6
sehr tiefgründig	100 - 150 cm	1	1	2	5	6
tiefgründig	70 - 100 cm	2	1	2	5	6
mässig tiefgründig	50 - 70 cm	3	2	2	5	6
ziemlich flachgründig	30 - 50 cm	4	4	4	6	6
flachgründig	10 - 30 cm	5	9	9	9	9
sehr flachgründig	< 10 cm	6	9	9	9	9

Tabelle 9.3f. Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund des Stauwasser-Einflusses (limitierendes Merkmal: I).

Stauwasser, I		**Eignungsklasse**			
Untertyp (Tab. 5.2b)	Code	Ackerbau-gebiet	Übergangsgebiet ackerbaubetont	Übergangsgebiet futterbaubetont	Futterbau-gebiet
schwach pseudogleyig	I 1	1	2	5	6
pseudogleyig	I 2	2	2	5	6
stark pseudogleyig	I 3	4	4	7	7
sehr stark pseudogleyig	I 4	6	6	7	9

Tabelle 9.3g. Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund des Grundbeziehungsweise Hangwasser - Einflusses (limitierendes Merkmal: F).

Fremdnässe wechselnd, F		**Eignungsklasse**			
Untertyp (Tab. 5.2c)	Code	Ackerbau-gebiet	Übergangsgebiet ackerbaubetont	Übergangsgebiet futterbaubetont	Futterbau-gebiet
grundfeucht	G 1	1	2	5	6
schwach gleyig	G 2	1	2	5	6
gleyig	G 3	2	3	5	6
stark gleyig	G 4	5	5	5	7
sehr stark gleyig	G 5	6	6	6	7
extrem gleyig	G 6	7	7	7	8

Tabelle 9.3g (Fortsetzung)

Fremdnässe dauernd, F		**Eignungsklasse**			
Untertyp (Tab. 5.2d)	Code	Ackerbau-gebiet	Übergangsgebiet ackerbaubetont	Übergangsgebiet futterbaubetont	Futterbau-gebiet
schwach grundnass	R 1	2	2	5	6
grundnass	R 2	5	5	5	6
stark grundnass	R 3	6	7	8	8
sehr stark grundnass	R 4	10	10	10	10
sumpfig	R 5	10	10	10	10

Tabelle 9.3h. Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund des Steingehaltes im Oberboden (limitierendes Merkmal: S).

Steingehalt, S			**Eignungsklasse**			
Skelettklasse (Tab. 3.6b)	Volumen %	Code	Ackerbau-gebiet	Übergangsgebiet ackerbaubetont	Übergangsgebiet futterbaubetont	Futterbau-gebiet
skelettfrei skelettarm	0 % < 5 %	0	1	2	5	6
schwach skeletthaltig	5 - 10 %	1	1	2	5	6
kieshaltig	10 - 20 % [1)]	2	2	2	5	6
steinhaltig	10 - 20 %	3	3	3	5	6
stark kieshaltig	20 - 30 % [1)]	4	3	3	5	6
stark steinhaltig	20 - 30 %	5	4	4	6	6
kiesreich	30 - 50 % [1)]	6	4	4	6	6
steinreich	30 - 50 %	7	7	7	7	7
Kies	> 50 % [1)]	8	7	7	7	7
Geröll, Geschiebe	> 50 %	9	9	9	9	9

1) höchstens 1/3 Grobskelett mit > 5 cm Durchmesser

Tabelle 9.3i. Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund der Feinerdekörnung (Bodenart) im Oberboden (0 - 25 cm). (limitierendes Merkmal: A)

Feinerdekörnung, A			**Eignungsklasse**			
Körnungsklasse (Tab. 3.5b)	% Ton	Code	Ackerbau-gebiet	Übergangsgebiet ackerbaubetont	Übergangsgebiet futterbaubetont	Futterbau-gebiet
Sand	< 5 %	1	9	6	6	7
schluffiger Sand	< 5 %	2	4	5	5	6
lehmiger Sand	5 - 10 %	3	2	4	5	6
lehmreicher Sand	10 - 15 %	4	2	4	5	6
sandiger Lehm	15 - 20 %	5	1	2	5	6
Lehm	20 - 30 %	6	1	2	5	6
toniger Lehm	30 - 40 %	7	3	4	6	6
lehmiger Ton	40 - 50 %	8	4	6	7	7
Ton	> 50 %	9	4	7	7	7
sandiger Schluff	< 10 % [1)]	10	4	5	6	6
Schluff	< 10 % [2)]	11	4	5	6	6
lehmiger Schluff	10 - 30 % [1)]	12	2	4	6	6
toniger Schluff	30 - 40 % [1)]	13	4	7	7	7

1) > 50 % Schluff

2) > 75 % Schluff

Tabelle 9.3j. Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund der Hangneigung beziehungsweise Geländeform (limitierendes Merkmal: N). Siehe auch Anhang 5.

Hangneigung, N		**Eignungsklasse**			
Neigung	Code (Tab. 8.2b)	Ackerbau-gebiet	Übergangsgebiet ackerbaubetont	Übergangsgebiet futterbaubetont	Futterbau-gebiet
0 - 10 %	a-e	1	2	5	6
10 - 15 %	f-i	2	3	5	6
15 - 20 %	j	3	4	5	6
20 - 25 %	k-n	4	6	6	6
25 - 35 %	o-r	7	7	7	7
35 - 50 %	s-v	9	9	9	9
> 50 %	w-z	9	9	9	9

9.4 Berücksichtigung von Wechselwirkungen

9.4.1 Wechselwirkungen zwischen Wasserhaushalt und Hangneigung in den Nutzungsgebieten 1 bis 4

Wie in Kapitel 9.2.4 erwähnt, gibt es eine Fülle von Wechselwirkungen zwischen zwei oder mehr Standortmerkmalen. In praktisch allen Projekten beeinflussen Hangneigung und Fremd- beziehungsweise Staunässe gleichzeitig die Nutzungseignung vieler Standorte in erheblichem Masse. Deshalb sind vier Interpretationsschlüssel zu diesem häufigstem Fall von zwei gleichzeitig limitierenden Merkmalen hier ausführlich dargestellt (Tab. 9.4a bis 9.4d für die Nutzungsgebiete 1 bis 4).

Wo sowohl Geländeform wie auch Fremd- / Staunässe die Standorteignung entscheidend bestimmen, werden im Kartencode neben der Zahl der Eignungsklasse die Codes **beider** limitierender Merkmale gesetzt: zum Beispiel 6FN.

Im Anhang 5 findet sich eine grundlegende Übersicht zum Thema „Hangneigung und Nutzungsmöglichkeiten respektive Maschineneinsatz". Darin ist jedoch implizit ein Boden vorausgesetzt, dessen Tragfähigkeit usw. durch Fremd- oder Stauwasser nicht beeinträchtigt ist. Die Interpretationsschlüssel (Tab. 9.4a bis 9.4d) bilden eine Detaillierung dieser Übersicht mit Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Klima, Wasserhaushalt des Bodens und Hangneigung.

Tabelle 9.4a. Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angaben der limitierenden Merkmale) im

Ackerbaugebiet

Wasserhaus-haltsgruppe	Neigung						
	0 - 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	25 - 35 %	35 - 50 %	> 50 %
a	1	2N	3N	4N, 5N	7N	9N	9N
b	1	2N	3N	4N, 5N	7N	9N	9N
c	2G	2G	3N	4N, 5N	7N	9N	9N
d	4G	4G	4G	6GN	7N	9N	9N
e	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9GN	9GN
f	2I	2I	3IN	5IN	7N	9N	9N
g	2I	2I	3IN	5IN	7N	9N	9N
h	4G	4G	4G	6GN	7N	9N	9N
i	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9GN	9GN
k	2F (1)	2F	3FN	5FN	7N	9N	9N
l	2F	2F	3FN	5FN	7N	9N	9N
m	4G	4G	4G	6GN	7N	9N	9N
n	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9G (7G)	9GN	9GN
o	4I	4I	4IN	6IN	7N	9N	9N
p	6I	6I	6IN	7IN	7N	9N	9N
q	6I	6I	6IN	7IN	7N	9N	9N
r	9G	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN
s	3F, 5F	3F, 5F	5FN	6FN	7N	9N	9N
t	3F, 5F	3F, 5F	5FN	6FN	7N	9N	9N
u	6F	6F	7FN	7FN	7N	9N	9N
v	6F	7FN	7FN	7FN	7N	9FN	9FN
w	7F (8F)	7F (8F)	7F (8F)	7F (8F)	7F (9FN)	9FN	9FN
x	8F	8F	8F	8F	9FN	9FN	9FN
y	10F (8F)	10F (8F)	10F (8F)	10F (8F)	10F (9FN)	10FN (9FN)	10FN (9FN)
z	10F	10F	10F	10F	10F	10FN	10FN

Böden mit labilem Gefüge - erhöhte Verdichtungs- und Erosionsgefahr - sind ab 5 % Hangneigung wie die nächsthöhere Neigungsstufe zu behandeln und der Code des limitierenden Merkmals, Z, anzufügen.

Wo Wechselwirkungen zwischen der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung berücksichtigt sind oder beide Merkmale gleichermassen limitieren, sind die Codes beider Merkmale angegeben.

Ist in einer Minderheit der Fälle eine zweite Einstufungsart angezeigt, ist letztere in Klammern „( )" gesetzt.

Tabelle 9.4b. Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angaben der limitierenden Merkmale) im

Übergangsgebiet ackerbaubetont

Wasserhaus-haltsgruppe	Neigung						
	0 - 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	25 - 35 %	35 - 50 %	> 50 %
a	2	3N	4N	6N	7N	9N	9N
b	2	3N	4N	6N	7N	9N	9N
c	2	3N	4N	6N	7N	9N	9N
d	4G	4G	4G	6G	7N	9N	9N
e	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN	9GN
f	4I	4I	4IN	6IN	7N	9N	9N
g	4I	4I	4IN	6IN	7N	9N	9N
h	4I	4I	4IN	6IN	7N	9N	9N
i	9G	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN
k	2F	3F	4FN	6FN	7N	9N	9N
l	2F	3F	4FN	6FN	7N	9N	9N
m	4GF	4GF	4FN	6FN	7N	9N	9N
n	9G	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN
o	6I	6IN	6IN	7IN	7IN	9N	9N
p	6I	6IN	6IN	7IN	7IN	9N	9N
q	7I	7I	7IN	7IN	7IN	9N	9N
r	9I	9I	9IN	9IN	9IN	9N	9N
s	5F	5F	5FN	6FN	7N	9N	9N
t	5F	5F	5FN	6FN	7N	9N	9N
u	6F	6F	6FN	6FN	7N	9N	9N
v	6F	7FN	7FN	7FN	7FN	9N	9N
w	7F, 8F	7F, 8F	7F, 8F	7F, 8F	9FN	9FN	9FN
x	8F	8F	8F	8F	9FN	9FN	9FN
y	8,10F	8,10F	8,10F	8,10F	9,10F	9,10F	9,10FN
z	10F	10F	10F	10F	10FN	10FN	10FN

Böden mit labilem Gefüge oder in Nordlage sind ab 5 % Hangneigung wie die nächsthöhere Neigungsstufe zu behandeln (Z beziehungsweise X für limitierendes Merkmal anfügen).

Wo Wechselwirkungen zwischen der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung berücksichtigt sind oder beide Merkmale gleichermassen limitieren, sind die Codes beider Merkmale angegeben.

Tabelle 9.4c. Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angabe der limitierenden Merkmale) im

Übergangsgebiet futterbaubetont

Wasserhaus-haltsgruppe	Neigung						
	0 - 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	25 - 35 %	35 - 50 %	> 50 %
a	5	5	5N	6N	7N	9N	9N
b	5	5	5N	6N	7N	9N	9N
c	5	5	5N	6N	7N	9N	9N
d	6G	6G	6G	6GN	7N	9N	9N
e	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN	9GN
f	5I	5I	5IN	6IN	7IN	9N	9N
g	5I	5I	5IN	6IN	7IN	9N	9N
h	6I	6I	6IN	7IN	7IN	9N	9N
i	9G	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN
k	5	5	5FN	6FN	7N	9N	9N
l	5	5	5FN	6FN	7N	9N	9N
m	6GF	6GF	6FN	7FN	7N	9N	9N
n	9G	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN
o	6I	6IN	7IN	7IN	7N	9N	9N
p	6I	6IN	7IN	7IN	7N	9N	9N
q	7I	7I	7I	7IN	7	9N	9N
r	9I	9I	9I	9I	9IN	9N	9N
s	5F	6FN	6FN	7FN	7FN	9N	9N
t	6F	6FN	6FN	7FN	7FN	9N	9N
u	6F	6FN	7FN	7FN	7FN	9N	9N
v	6F	6FN	7FN	7FN	9FN	9N	9N
w	7F, 8F	7F, 8F	7F, 8F	9FN	9FN	9FN	9FN
x	8F	8F	8F	8FN	9FN	9FN	9FN
y	8F, 10 F	8F, 10 F	8, 10F	10F	9FN, 10FN	9FN, 10FN	9FN, 10FN
z	10F	10F	10F	10F	10FN	10F	10FN

Böden mit labilem Gefüge oder in Nordlage sind ab 5 % Hangneigung wie die nächsthöhere Neigungsstufe zu behandeln (Z beziehungsweise X für limitierendes Merkmal anfügen).

Wo Wechselwirkungen zwischen der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung berücksichtigt sind oder beide Merkmale gleichermassen limitieren, sind die Codes beider Merkmale angegeben.

Tabelle 9.4d. Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angabe der limitierenden Merkmale) im

Futterbaugebiet

Wasserhaus-haltsgruppe	Neigung						
	0 - 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	25 - 35 %	35 - 50 %	> 50 %
a	6	6	6	6N	7N	9N	9N
b	6	6	6	6N	7N	9N	9N
c	6	6	6	6N	7N	9N	9N
d	6G	6G	6G	7GN	9GN	9N	9N
e	9G	9G	9G	9G	9GN	9GN	9GN
f	6I	6I	7IN	7IN	7N	9N	9N
g	6I	6I	7IN	7IN	7N	9N	9N
h	6I	6I	7IN	7IN	7N	9N	9N
i	7G	7G	7G	7G	7G	7GN	9GN
k	6F	6F	7FN	7FN	7N	9N	9N
l	6F	6F	7FN	7FN	7N	9N	9N
m	6F	6F	7FN	7FN	7N	9N	9N
n	7G	7G	7G	7G	7G	9GN	9GN
o	7I	7I	7IN	7IN	7N	9N	9N
p	7I	7I	7IN	9IN	9IN	9N	9N
q	7I	7I	7IN	9IN	9IN	9N	9N
r	9G	9IG	9IG	9IG	9IG	9GN	9GN
s	6F	7FN	7F	7F	7N	9N	9N
t	6F	7FN	7F	7F	7N	9N	9N
u	7F	7F	7F	7F	7N	9N	9N
v	7F	7F	7F	7F	7N	9N	9N
w	7F,8F	7F,8F	7F,8F	7F,8F	7N	9N	9N
x	7F,8F	7F,8F	7F,8F	7F,8F	7N	9N	9N
y	9F, 10F	9F, 10F	9F, 10F	9F, 10F	9FN, 10N	9FN, 10N	9FN, 10N
z	10F	10F	10F	10F	10N	10N	10N

Wo Wechselwirkungen zwischen der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung berücksichtigt sind oder beide Merkmale gleichermassen limitieren, sind die Codes beider Merkmale angegeben.

9.4.2 Weitere Wechselwirkungen

Ausser für Geländeform / Wasserhaushalt des Bodens sind keine festen Interpretetationsschlüssel für zwei (oder mehr) gleichzeitig wirksame limitierende Merkmale vorhanden. In den meisten Fällen dominiert an einem gegebenen Standort ein limitierendes Merkmal deutlich, so dass die Schlüssel aus Kapitel 9.3 zur Anwendung gelangen. Bei Bedarf sollen selbstverständlich Zwei-Merkmale-Schlüssel erstellt werden, damit über den ganzen Kartierungsperimeter eines Projektes die Interpretation gleich gehandhabt wird.

Wie in Kapitel 9.2 erwähnt, ist in Schweizer Grossregionen die Wechselwirkung von Klima und Bodeneigenschaften entscheidend für die Nutzungseignung. Aus diesem Grund sind für die klimatisch abgegrenzten Nutzungsgebiete 1 bis 4 gesonderte Interpretationsschlüssel erstellt worden (Kap. 9.3). Lokalklimatische Einflüsse wie Exposition bezüglich Sonneneinstrahlung und Wind, Kaltluftseen usw. sollen projektweise berücksichtigt werden, zum Beispiel durch Abgrenzung von lokalen Klimabereichen und durch zugehörige Interpretationsschlüssel.

Beurteilung des Risikos für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen

10.1 Die Risikokarte – ein Hilfsmittel
- 10.1.1 Ziel der Risikokarte
- 10.1.2 Einflussgrössen für Nährstoffverluste
- 10.1.3 Risikostufen
- 10.1.4 Risikostufen und Klima
- 10.1.5 Zuordnung der Risikostufen zu den Standortmerkmalen

10.2 Merkblätter als Ergänzung zur Risikokarte

10 Beurteilung des Risikos für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen

10.1 Risikokarte - ein Hilfsmittel

10.1.1 Ziel der Risikokarte

Das Ziel ist in erster Linie eine pflanzen- und umweltgerechte Anwendung der Hof- und Abfalldünger. Die Bewertung der standörtlichen Verhältnisse (Bodeneigenschaften und Hangneigung) hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeit für Gülle und Klärschlamm und deren kartographische Darstellung soll den Landwirten ein Hilfsmittel sein, um die Gefahren der Nährstoff-Auswaschung und Abschwemmung beim Ausbringen von Gülle und Klärschlamm zu erkennen.

Die Risikokarte gibt das Risiko für die Anwendung vertretbarer Höchstmengen an Gülle und Klärschlamm in Abhängigkeit von Standort und Jahreszeit an. Mit der Angabe von oberen Grenzen steht dem Landwirt aber noch ein grosser Ermessensspielraum offen, der zum Beispiel bei hohen Stickstoff-Gehalten der Gülle Düngungsfehler nicht ausschliesst. Der Landwirt muss deshalb seine Verantwortung wahrnehmen, indem er sich bei der Bemessung von Güllegaben am Verlauf des Pflanzenbedarfs und am Stickstoff-Gehalt der Gülle (zum Beispiel mit Gülleanalysen) orientiert.

10.1.2 Einflussgrössen für Nährstoffverluste

Nährstoffverluste ergeben sich einerseits durch oberflächliche Abschwemmung, andererseits durch Versickern von Nährstoffen in den Untergrund.

Hauptkriterien für die Beurteilung der Verwendungsmöglichkeit flüssiger Hof- und Abfalldünger sind daher folgende Grössen:

- Hangneigung und Einsickerungseigenschaft des Bodens beziehungsweise Gefahr der Oberflächenabschwemmung von Nährstoffen
- Filtrations- und Adsorptionsvermögen des Bodens beziehungsweise Gefahr der Versickerung von Nährstoffen in den Untergrund

Natürlich sind die beiden Grössen wiederum abhängig von einer Vielzahl anderer Faktoren, die in Abbildung 10.1a aufgeführt sind, und zwar getrennt nach Faktoren mit Einfluss auf die Versickerung und nach Faktoren mit Einfluss auf die Oberflächenabschwemmung. Unterschieden wird ferner zwischen fixen Faktoren (zum Beispiel Gründigkeit, Topographie) und variablen Faktoren (zum Beispiel Oberflächenzustand, Bodenbearbeitung, Witterung).

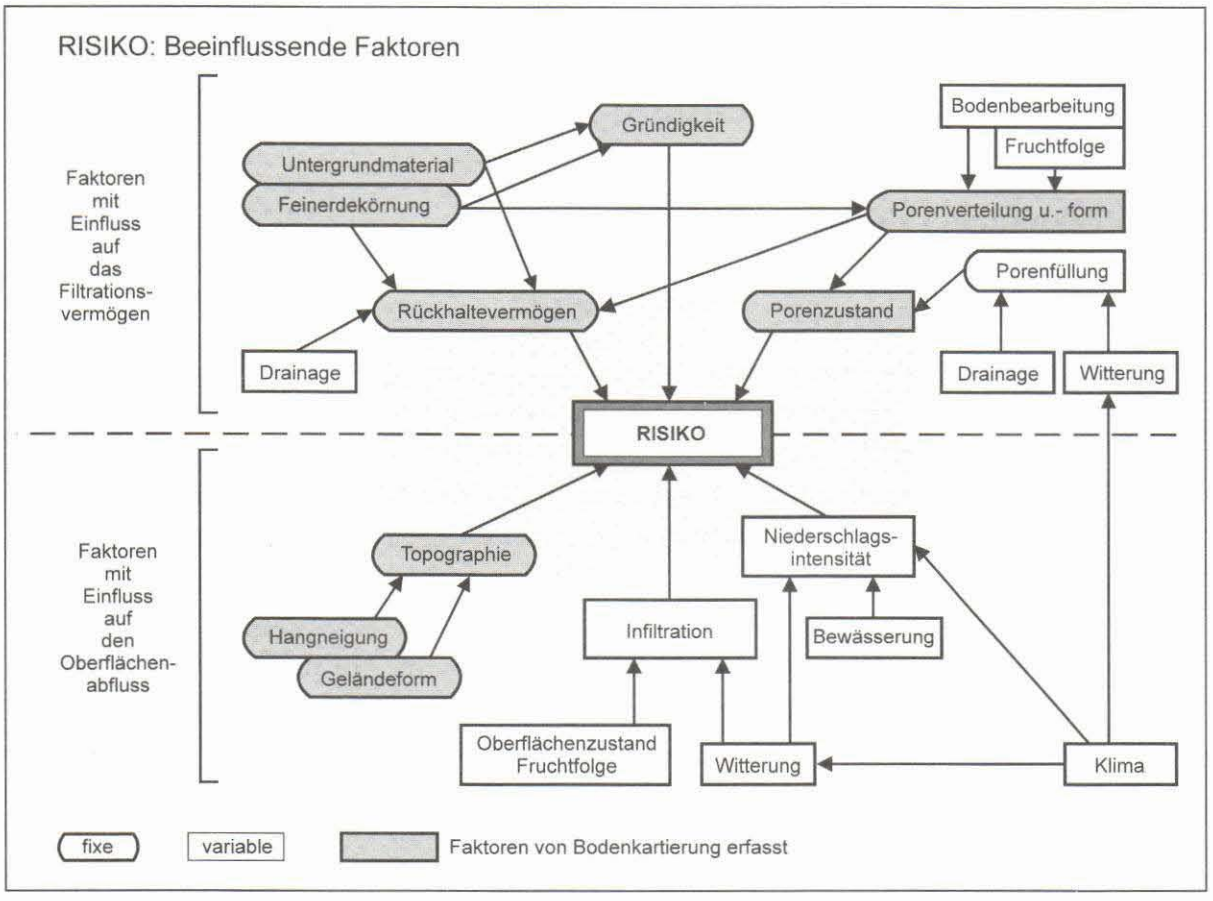


Abbildung 10.1a. Schematischer Überblick der Faktoren, die das Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste bestimmen

10.1.3 Risikostufen

Man unterscheidet vier Risikostufen. Die Risikostufen sind am Beispiel des Nutzungsgebiets 1 („Ackerbaugebiet", Tabelle 9.2a) in Tabelle 10.1a umschrieben.

Die Risikostufe drückt direkt das Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen und indirekt die höchstzulässige Einzelgabe an Gülle oder Klärschlamm aus. Die maximale Einzelgabe von 60 m^3 / ha gemäss „Wegleitung für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft" (BLW und BUWAL 1994) basiert auf der durchschnittlichen Stickstoff-Bedarfsdeckung bei empfohlener Gülledüngung im Acker- und Futterbau der Schweiz (Grundlagen für die Düngung in Acker- und Futterbau: FAP, RAC, FAC 1994 sowie Kompost und Klärschlamm: FAC 1995). Sie sollte aber nur in Einzelfällen und keinesfalls wiederholt angewendet werden. Andererseits bietet ein Boden mit sehr grossem Speicher- und Filtervermögen in ebener bis mässig geneigter Lage Gewähr, dass höchstwahrscheinlich keine unmittelbaren Stickstoff-Verluste infolge von Sickerung oder Abschwemmung zu befürchten sind.

Neben der Umschreibung der Risikostufen sind in den Kartenlegenden je nach Problemstellung des Kartierungsprojekts weitere Angaben empfehlenswert. Sie können zum Teil in Tabellen- oder Kolonnenform auf der Karte oder im Erläuterungsbericht dargestellt werden. Sie enthalten insbesondere:

- Zu empfehlende Massnahmen bezüglich des Ausbringens von flüssigen Düngern, vor allem maximal zulässige Einzelgaben an Gülle oder Klärschlamm, gemäss „Wegleitung für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft" (BLW und BUWAL 1994)
- Weitere standortbezogene Hinweise und Empfehlungen zu Nutzung und Düngung in genereller, nicht schlagbezogener Form für Acker und Wiese
- Anmerkung zu Gewässerschutzzonen (wenn zutreffend): "Bestehende Gewässerschutzzonen-Reglemente sind zu beachten"

Im Anhang 4 findet sich eine Tafel mit einer praxisbewährten Zuordnung von Farben zu den vier Risikostufen. Sie wird an der FAP/FAL für die Auswertungskarten „Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen" verwendet.

In der Tabelle 10.1a werden die vier Risikostufen mit Hilfe der am häufigsten limitierenden Standortmerkmale umschrieben. Die Bestimmung der Risikostufen erfolgt nach festgelegten Kriterien und ist in den Tabellen 10.1.b bis 10.1.d beschrieben.

Tabelle 10.1a. Umschreibung der vier Risikostufen am Beispiel des Nutzungsgebietes 1 („Ackerbaugebiet")

Risiko-stufe	Risiko für Sik-ker- und Ab-schwemmver-luste von Pflan-zennährstoffen	Ausprägung der wichtigsten limitierenden Standortmerkmale *)
1	gering	grosses bis mittleres Filtrations- und Speichervermögen und kein bis geringer Grund- / Hang- / Stauwassereinfluss und eben bis mässig geneigt
2	mittel	kleines Filtrations- und Speichervermögen oder selten Grund- / Hang- / Stauwassereinfluss bis zur Oberfläche oder stark geneigt
3	hoch	sehr kleines Filtrations- und Speichervermögen oder häufig bis meistens Grund- / Hang- / Stauwassereinfluss bis zur Oberfläche oder sehr stark geneigt
4	sehr hoch	extrem kleines Filtrations- und Speichervermögen oder meistens bis dauernd Grund- / Hang- / Stauwassereinfluss bis zur Oberfläche oder extrem geneigt

***) Limitierende Standortmerkmale (Kap. 4.2.2)**

F	Fremdwasser	(Grund- / Hangwasser)
G	Gründigkeit	(Filtrations- und Speichervermögen)
I	Stauwasser	(gehemmte Infiltration oder Sickerung)
N	Hangneigung	(Oberflächenabfluss)

Weitere limitierende Standortmerkmale

U	Untergrund extrem durchlässig (zum Beispiel Schotter)
A	Bodenart (zum Beispiel humusarme oder grobsandreiche oder tonreiche Böden)
Z	Gefügezustand (labiles Gefüge von Feinsand oder Schluff, oder verdichtete Böden)

10.1.4 Risikostufen und Klima

Die Einzelgaben an Gülle richten sich nach dem Nährstoffvorrat des Bodens und dem Bedarf der Pflanzen. Letzterer ist umso höher, je günstiger das Klima ist. In den Klimazonen A 2-3, B 2-3 (Der Delegierte für Raumplanung 1977a) können hohe Güllegaben eher verabreicht und umgesetzt werden.

In den feuchten Klimazonen (A 4-5, B 4-5) sowie in ertragsärmeren Zonen (C) werden ebenfalls die Risikostufen 1 bis 4 verwendet, wobei Stufe 1 eher seltener zur Anwendung kommt.

In den Klimazonen D, E und F, wo hauptsächlich Graswirtschaft betrieben wird, ist der Pflanzenbedarf an Nährstoffen geringer. Das Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste ist allgemein höher, die höchstzulässige Einzelgabe Gülle soll 40 m^3 / ha nicht überschreiten. Eine Risikokarte von höhergelegenen Futterbaugebieten umfasst deshalb nur die Risikostufen 2 bis 4.

10.1.5 Zuordnung der Risikostufen zu den Standortmerkmalen

Bezugnehmend auf die Abbildung 10.1a erfolgt die Bestimmung der Risikostufen aufgrund der fixen Einfluss-Faktoren am gegebenen Standort. Die Hauptrolle spielen der Wasserhaushalt, die Gründigkeit, die Körnung und die Hangneigung. Das Zuordnungsschema (Tab. 10.1b bis e) berücksichtigt, dass folgende Parameter eine Steigerung des Risikos bewirken:

- zunehmender Vernässungsgrad
- abnehmende Gründigkeit
- ungünstige Körnungsverhältnisse (stark tonig, stark sandig und / oder steinig und / oder schluffreich)
- zunehmende Hangneigung

Massgebend für das Risiko eines Standortes bezüglich Sicker- und Abschwemmverlusten von Nährstoffen ist das am stärksten einschränkende Standortsmerkmal. Dabei wird berücksichtigt, dass zum Beispiel eine ungünstige Körnung das Risiko bei mangelnder Gründigkeit oder Steilheit erhöht. Ist nämlich der Boden im Untergrund sehr sandig und grobporös (B-, BC- oder C-Horizont mit weniger als 10 % Ton), so ist das Filtrationsvermögen geschwächt, und das Risiko ist bei gleicher Gründigkeit höher. Ebenso vermindert ein feinkörniger Boden (A-Horizont mit mehr als 30 % Ton oder mit mehr als 50 % Schluff) die Einsickerung von Gülle oder Klärschlamm: Die Gefahr des oberflächlichen Abfliessens vergrössert sich in diesem Fall bei gleichbleibender Hangneigung.

Normalerweise wird neben der Risikostufe auf der Karte das am stärksten limitierende Merkmal codiert nachgestellt: zum Beispiel 3N heisst Risikostufe 3 wegen starker Hangneigung. In Fällen wo neben der Hangneigung auch ein anderes Merkmal (zum Beispiel Körnung) wie oben zusätzlich limitierend wirkt, können ausnahmsweise auch zwei limitierende Merkmale angegeben werden; zum Beispiel 4NA (siehe auch Anhänge 2 und 3).

Tabelle 10.1b: Bestimmung der Risikostufe im „**Ackerbaugebiet**"; wichtigste Zuteilungskriterien

Teilbereich 1: Grund-, Hang- und Stauwasser		
Untertypen		**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
-, G1, G2, G3, I1, I2 (bis gleyig oder pseudogleyig)		1
G4 (stark gleyig)		2F
I3 (stark pseudogleyig)		2I
G5, G6, R2, R3 (sehr stark oder extrem gleyig, grundnass, stark grundnass)		3F
I4 (sehr stark pseudogleyig)		3I
R4, R5 (sehr stark grundnass, sumpfig)		4F
Teilbereich 2: Wasser- und Nährstoffspeicherung		
Pflanzennutzbare Gründigkeit	Boden mit mehr als 10 % Ton im B-, BC- und C-Horizont	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
tiefgründig, sehr tiefgründig	Ja oder nein	1
mässig tiefgründig	Ja	1
	Nein	2U
ziemlich flachgründig	Ja	2G
	Nein	3U
flachgründig	Ja	3G
	Nein	4U
sehr flachgründig	Ja oder Nein	4G
Teilbereich 3: Hangneigung und Oberbodenstruktur		
Neigung	Oberboden nicht verdichtet und > 2 % Humus und < 30 % Ton und < 50 % Schluff	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
0 - 10 %	Ja oder Nein	1
11 - 25 %	Ja	1
	Nein	2N
26 - 35 %	Ja	2N
	Nein	3N
36 - 50 %	Ja	3N
	Nein	4N
> 50 %	Ja oder Nein	4N

An einem gegebenen Standort ist die am stärksten limitierende (höchste) Risikostufe aus allen drei Teilbereichen gültig (Prinzip des „schwächsten Gliedes").

Umschreibung der Untertypen und der pflanzennutzbaren Gründigkeit siehe Kapitel 5.2

Tabelle 10.1c: Bestimmung der Risikostufe im „**Übergangsgebiet ackerbaubetont**"; wichtigste Zuteilungskriterien

Teilbereich 1: Grund-, Hang- und Stauwasser		
Untertypen		**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
-, G1, G2, G3, I1, I2 (bis gleyig oder pseudogleyig)		1
G4 (stark gleyig)		2F
I3 (stark pseudogleyig)		2I
G5, G6, R2, R3 (sehr stark oder extrem gleyig, grundnass, stark grundnass)		3F
I4 (sehr stark pseudogleyig)		3I
R4, R5 (sehr stark grundnass, sumpfig)		4F
Teilbereich 2: Wasser- und Nährstoffspeicherung		
Pflanzennutzbare Gründigkeit	Boden mit mehr als 10 % Ton im B-, BC- und C-Horizont	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
tiefgründig, sehr tiefgründig	Ja	1
	Nein	2U
mässig tiefgründig	Ja	2G
	Nein	2U
ziemlich flachgründig	Ja	2G
	Nein	3U
flachgründig	Ja	3G
	Nein	4U
sehr flachgründig	Ja oder Nein	4G
Teilbereich 3: Hangneigung und Oberbodenstruktur		
Neigung	Oberboden nicht verdichtet und > 2 % Humus und < 30 % Ton und < 50 % Schluff	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
0 - 10 %	Ja oder Nein	1
11 - 25 %	Ja	1
	Nein	2N
26 - 35 %	Ja	2N
	Nein	3N
36 - 50 %	Ja	3N
	Nein	4N
> 50 %	Ja oder Nein	4N

An einem gegebenen Standort ist die am stärksten limitierende (höchste) Risikostufe aus allen drei Teilbereichen gültig

Umschreibung der Untertypen und der pflanzennutzbaren Gründigkeit siehe Kapitel 5.2

Tabelle 10.1d: Bestimmung der Risikostufe im „**Übergangsgebiet futterbaubetont**"; wichtigste Zuteilungskriterien

Teilbereich 1: Grund-, Hang- und Stauwasser		
Untertypen		**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
-, G1, G2, G3, I1, I2 (bis gleyig oder pseudogleyig)		1
G4 (stark gleyig)		2F
I3 (stark pseudogleyig)		2I
G5, G6, R2, R3 (sehr stark oder extrem gleyig, grundnass, stark grundnass)		3F
I4 (sehr stark pseudogleyig)		3I
R4, R5 (sehr stark grundnass, sumpfig)		4F
Teilbereich 2: Wasser- und Nährstoffspeicherung		
Pflanzennutzbare Gründigkeit	Boden mit mehr als 10 % Ton im B-, BC- und C-Horizont	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
tiefgründig, sehr tiefgründig	Ja	1
	Nein	2U
mässig tiefgründig	Ja	2G
	Nein	2U
ziemlich flachgründig	Ja	3G
	Nein	3U
flachgründig	Ja	3G
	Nein	4U
sehr flachgründig	Ja oder Nein	4G
Teilbereich 3: Hangneigung und Oberbodenstruktur		
Neigung	Oberboden nicht verdichtet und > 2 % Humus und < 30 % Ton und < 50 % Schluff	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
0 - 10 %	Ja oder Nein	1
11 - 25 %	Ja	1
	Nein	2N
26 - 35 %	Ja	2N
	Nein	3N
36 - 50 %	Ja	3N
	Nein	4N
> 50 %	Ja oder Nein	4N

An einem gegebenen Standort ist die am stärksten limitierende (höchste) Risikostufe aus allen drei Teilbereichen gültig

Umschreibung der Untertypen und der pflanzennutzbaren Gründigkeit siehe Kapitel 5.2

Tabelle 10.1e: Bestimmung der Risikostufe im „**Futterbaugebiet**"; wichtigste Zuteilungskriterien

Teilbereich 1: Grund-, Hang- und Stauwasser		
Untertypen		**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
-, G1, G2, G3, I1, I2 (bis gleyig oder pseudogleyig)		2
G4 (stark gleyig)		2F
I3 (stark pseudogleyig)		2I
G5, G6, R2, R3 (sehr stark oder extrem gleyig, grundnass, stark grundnass)		3F
I4 (sehr stark pseudogleyig)		3I
R4, R5 (sehr stark grundnass, sumpfig)		4F
Teilbereich 2: Wasser- und Nährstoffspeicherung		
Pflanzennutzbare Gründigkeit	Boden mit mehr als 10 % Ton im B-, BC- und C-Horizont	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
tiefgründig, sehr tiefgründig	Ja	2
	Nein	2U
mässig tiefgründig	Ja	2G
	Nein	3U
ziemlich flachgründig	Ja	3G
	Nein	3U
flachgründig	Ja	3G
	Nein	4U
sehr flachgründig	Ja oder Nein	4G
Teilbereich 3: Hangneigung und Oberbodenstruktur		
Neigung	Oberboden nicht verdichtet und > 2 % Humus und < 30 % Ton und < 50 % Schluff	**Risikostufe** mit massgebendem limitierendem Merkmal
0 - 10 %	Ja oder Nein	2
11 - 25 %	Ja	2
	Nein	3N
26 - 35 %	Ja	2N
	Nein	3N
36 - 50 %	Ja	3N
	Nein	4N
> 50 %	Ja oder Nein	4N

An einem gegebenen Standort ist die am stärksten limitierende (höchste) Risikostufe aus allen drei Teilbereichen gültig

Umschreibung der Untertypen und der pflanzennutzbaren Gründigkeit siehe Kapitel 5.2

10.2 Merkblätter als Ergänzung zur Risikokarte

Zur Lösung des Nitratproblems kann der Landwirt über Verhaltensänderungen bei der Bewirtschaftungsweise, vor allem Stickstoff-Düngung und Bepflanzung, wesentlich beitragen. Die Abgabe des Hilfsmittels "Risikokarte" muss deshalb ergänzt werden mit weiterführenden Düngungs- und Bepflanzungsratschlägen. Das folgende Merkblatt ist ein Beispiel für die inhaltliche Gestaltung, die je nach Bedarf ergänzt werden kann. Gute Beispiele von Merkblättern stammen von der Landwirtschaftlichen Beratungszentrale Lindau und der AGFF („Hofdünger pflanzengerecht einsetzen"; "Hofdünger im Futterbau"). Nützliche Hinweise und Zahlen im Zusammenhang mit Gülle finden sich auch in den „Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau" (FAP, RAC, FAC 1994).

Beispiel für den Inhalt eines Merkblattes „Massnahmen zur Verminderung der Nitratauswaschung":

A) Allgemeine Massnahmen und Merkpunkte

- Die Bemessung der Stickstoff-Düngung richtet sich in erster Linie nach dem Bedarf der Kulturen am jeweiligen Standort. (Angaben dazu finden sich im Landwirtschaftlichen Handbuch zum Wirz-Kalender und in den Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau).
- Der Nährstoffvorrat des Bodens gemäss Bodenanalysen ist bei der Düngung vom Bedarf in Abzug zu bringen.
- Stehen keine Resultate von Bodenanalysen zur Verfügung, so ist zumindest daran zu denken, dass durch die Verrottung von Resten der Vorkultur und von Gründüngungen auch Stickstoff nachgeliefert wird, zum Teil mit zeitlicher Verzögerung. Achtung: Beim Umbruch von Leguminosen wird in kurzer Zeit sehr viel Stickstoff freigesetzt.
- Das natürliche Nährstoffnachlieferungsvermögen der Böden ist bei der Stickstoff-Düngung ebenfalls zu berücksichtigen. Unter schweizerischen Verhältnissen ist mit 50-100 kg N / ha und Jahr zu rechnen; in humusreichen und organischen Böden kann die Nachlieferung deutlich höher sein.
- Die einzelnen Stickstoff-Gaben, ob organisch oder mineralisch, sind zeitlich so zu staffeln, dass dem Aufnahmevermögen der Kultur Rechnung getragen wird.
- Die regelmässige Berechnung eines exakten Düngungsplanes ist ein geeignetes und erforderliches Hilfsmittel, um grössere Nährstoffverluste zu vermeiden.

B) Bepflanzung

- Je dichter die Pflanzendecke desto besser der Schutz gegen Nährstoffverluste durch Bodenabschwemmung (Erosion).
- Durch den Anbau von Gründüngungs- oder Zwischenfutterpflanzen nach frühräumenden Hauptkulturen (Getreide, Raps) lässt sich die Auswaschung von Nitratstickstoff während des Winters wirksam reduzieren.

C) Massnahmen und Merkpunkte zur Düngung mit Gülle und Klärschlamm

- Die Höhe der einzelnen Güllegaben richtet sich in erster Linie nach dem Nährstoffbedarf der Kultur.
- Für eine richtige Dosierung der Nährstoffe ist die Kenntnis des Nährstoffgehaltes der Gülle erforderlich. Hier helfen Gülleanalysen weiter. Anhaltspunkte liefern auch das Landwirtschaftliche Handbuch zum Wirz-Kalender und die AGFF- und LBL-Merkblätter "Hofdünger". Bei der Anwendung von Klärschlamm ist der Nährstoffgehalt bei der ARA zu erfragen.
- Die mit organischen Düngemitteln (Gülle, Mist, Klärschlamm) ausgebrachten Nährstoffe sind bei allfällig nachfolgenden Düngungen stets anzurechnen. Über die Wirksamkeit gibt das LBL-Merkblatt "Hofdünger" Auskunft.
- Auf Böden, die wegen vermindertem Nährstoffspeichervermögen bei der Verwendungsmöglichkeit von Gülle und Klärschlamm eine Einschränkung erfahren, ist auch bei der mineralischen Stickstoff-Düngung Zurückhaltung zu üben.
- Gülle und Klärschlamm sind grundsätzlich nur auf abgetrocknete und saugfähige Böden auszubringen. Der Einsatz von Gülle und Klärschlamm ist zu unterlassen
  - während, kurz vor und nach starken Niederschlägen, sowie
  - auf gefrorene, schneebedeckte, wassergesättigte oder auf
  - ungenügend einsickerungsfähigen Böden
    (vgl. auch „Düngen zur richtigen Zeit“ BLW und BUWAL 1996).
- Entlang von Bächen, Flüssen und Seen ist ein Sicherheitsstreifen von einigen Metern einzuhalten, welcher nicht begüllt werden darf.
- Im übrigen sind die Bestimmungen allfälliger lokaler Gewässerschutzzonen-Reglemente, des Gewässerschutzgesetzes (Sorgfaltspflicht) und der Stoffverordnung zu beachten.
- In einem Gebiet mit existierender Risikokarte sind die Verteilungsmöglichkeiten für Gülle und Klärschlamm in Abhängigkeit von Boden und Hangneigung aus der Karte und deren Legende ersichtlich.

Wo keine Risikokarten existieren, muss der Landwirt die Gefährdung, die von vernässten oder sehr durchlässigen Flächen, sowie von topographischen Gegebenheiten (geneigte bis steile, lange Hänge, Muldenlagen) ausgeht, selbst erkennen und entsprechend vorsichtig güllen.

Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden

11.1 Allgemeines

11.2 Fruchtbarkeitsstufen als Grundlage der Bewertung

11.3 Bodenbewertung in einzelnen Schritten
- 11.3.1 Übersicht
- 11.3.2 Bewertung der pflanzennutzbaren Gründigkeit von normal durchlässigen Böden
- 11.3.3 Bewertung von Böden mit Fremd- oder Stauwasser
- 11.3.4 Bewertung der Feinerde, des Skelettgehaltes sowie des Gefüges und des Säuregrades in der Ackerkrume
- 11.3.5 Bewertung der Hangneigung und Oberflächengestalt
- 11.3.6 Bewertung des Klimaeinflusses

11 Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden

11.1 Allgemeines

Die möglichst objektive Erfassung des Nutzungswertes des Bodens ist immer dann von besonderem Interesse, wenn es um die Festlegung eines verbindlichen Tauschwertes geht.

Berechnung des Wertanspruches innerhalb eines Güterregulierungsverfahrens

Eine wesentliche Grundlage dazu ist die standortskundliche Bodenbewertung. Durch Interpretation der Bodenprofil- und Standortseigenschaften wird der Reine Bodenwert als Bodenpunktzahl bestimmt. Er ist Ausgangswert zur Bestimmung des Bonitierungswertes bei Güterregulierungsverfahren (Anhang 6).

Ein Sonderfall ist die Bewertung des Reblandes, da die jeweiligen lokalen klimatischen Verhältnisse eine wesentlich grössere Rolle spielen als bei der Bonitierung der acker- und futterbaulich genutzten Landflächen. Für diesen Fall wurde in Zusammenarbeit mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau Wädenswil ein Bewertungsverfahren ausgearbeitet. Ausgehend vom Bodenprofilwert und unter Berücksichtigung der besonderen klimatischen und rebbaulichen Verhältnisse kann damit ein Tauschwert für Rebland festgelegt werden. Die entsprechenden Unterlagen können bei der FAL-Reckenholz eingesehen werden (FAP 1985).

Separate Bewertungsverfahren werden benötigt für:

Betriebswirtschaftliche Mehraufwendungen durch Hangneigung und Hofentfernung der Grundstücke, im Rahmen der Bonitierung.

Flächen mit besonderer Bewirtschaftungsweise, die im Zusammenhang mit Ökomassnahmen des Bundes beitragsberechtigt sind (Calörtscher 1996).

Die einschlägigen Richtlinien und Verordnungen für die separaten Bewertungsverfahren sind bei den kantonalen Meliorationsämtern zu erfragen.

Ertragswertbestimmung landwirtschaftlicher Heimwesen

Die Ertragswertbestimmung gemäss Anleitung für die Schätzung des landwirtschaftlichen Ertragswertes (Bundesamt für Justiz 1986) basiert auf den gleichen Grundlagen wie die Berechnung des Wertanspruches innerhalb eines Güterregulierverfahrens. Dabei wird in der genannten Schätzungsanleitung ein etwas vereinfachter Schätzungsrahmen dargestellt für Gebiete, wo auf keine detaillierte Bodenkarten zurückgegriffen werden kann.

11.2 Fruchtbarkeitsstufen als Grundlage der Bewertung

Um zur gewünschten Werteinstufung des Bodens zu gelangen, ist es notwendig, den festgestellten Boden- und Standorteigenschaften die Nutzungsansprüche der landwirtschaftlichen Kulturen gegenüberzustellen. Dies wird mit Hilfe der sogenannten *Fruchtbarkeitsstufen* umschrieben. Die acht Fruchtbarkeitsstufen unterscheiden sich in den landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten und im Ertragspotential des Standortes. Als Begrenzungsfaktoren bei der Bewertung können daher nicht nur Bodeneigenschaften, sondern ebenso sehr andere Standortfaktoren wie Klima oder Oberflächengestaltung auftreten.

Die Umschreibung der landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten (Tabelle 11.2a) wie auch die Festlegung der standörtlichen und bodenkundlichen Mindestanforderungen an einzelne limitierende Bodenmerkmale (Tabelle 11.2b) definieren jede Fruchtbarkeitsstufe eindeutig. Massgebend für die Fruchtbarkeitsstufen-Zuweisung ist das am stärksten limitierende Boden- / Standortsmerkmal gemäss Tabelle 11.2b. Liegen weitere Einschränkungen vor, sind sie innerhalb der vorher bestimmten Fruchtbarkeitstufe in Abzug zu bringen.

Die Bodenpunktzahlen in den acht Fruchtbarkeitsstufen können sich zwischen 1 und 100 bewegen. Die wichtigsten Gruppen bilden dabei:

Fruchtbarkeitsstufe I und II mit 80 bis 100 Bodenpunkten

Dazu gehören die Fruchtfolgeböden im engeren Sinne.

Fruchtbarkeitsstufe III und IV mit 50 bis 79 Bodenpunkten

Sie umfassen einerseits die nur einseitig futterbaulich nutzbaren Standorte, wie auch Fruchtfolgeböden mit wesentlichen Einschränkungen.

Fruchtbarkeitsstufe V bis VII mit 10 bis 49 Bodenpunkten

In diesem Bereich werden vornehmlich die alpwirtschaftlich genutzten Gebiete sowie die übrigen Futterbauflächen mit wesentlichen Einschränkungen eingeteilt.

Fruchtbarkeitsstufe VIII mit 1 bis 9 Bodenpunkte

Hier werden die ausserhalb der eigentlichen landwirtschaftlichen Nutzung liegenden Standorte eingestuft.

Tabelle 11.2a. Fruchtbarkeitsstufen und Bodenpunktzahlen der landwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz

Fruchtbarkeitsstufen und Bodenpunktzahlen	Wichtigste Einteilungskriterien
Fruchtbarkeitsstufe I 90 bis 100 Bodenpunkte Standorte mit besten Bodeneigenschaften. Sie eignen sich für einen uneingeschränkten Fruchtwechsel. Auch für Obst- und Gartenbau bestehen kaum Einschränkungen.	Wasserhaushalt: bis I1 und G2[1)] Gründigkeit : ab 90 cm Hangneigung : bis 15 % Klimazonen : A 2, 3, 6 / B 2, 3[2)]
Fruchtbarkeitsstufe II 80 bis 89 Bodenpunkte Sehr gute Fruchtfolgeböden. Boden, Klima und / oder Topographie schränken die Anbaumöglichkeiten gegenüber Stufe I ein. Insbesondere ist der Hackfruchtbau eingeschränkt.	Wasserhaushalt: bis I2, G3[1)] Gründigkeit : ab 70 cm Hangneigung : bis 25 % Klimazonen : A / B / C 1 - 4[2)]
Fruchtbarkeitsstufe III 70 bis 79 Bodenpunkte Gute Fruchtfolgeböden, meist nur noch für einfache Fruchtfolgen geeignet. An gewissen Standorten ist nur eine futterbauliche Nutzung möglich.	Wasserhaushalt: bis I3, G4[1)] Gründigkeit : ab 50 cm Hangneigung : bis 35 % Klimazonen : A / B / C / D 1 - 4[2)]
Fruchtbarkeitsstufe IV 50 bis 69 Bodenpunkte Mässige Fruchtfolgeböden mit deutlichen Ertrags- und Nutzungseinschränkungen. Die Standortverhältnisse können die ausschliesslich futterbauliche Nutzungsbedingungen, sowie deren Intensität einschränken.	Wasserhaushalt: bis I4, G5[1)] Gründigkeit : ab 30 cm Hangneigung : bis 50 % Klimazonen : A / B / C / D / E[2)]
Fruchtbarkeitsstufe V 35 bis 49 Bodenpunkte Futterbaulich nutzbare Standorte des Mittel- und Hügellandes mit noch genügender Ertragsfähigkeit. Zu dieser Stufe gehören auch die besten Alpwiesen.	Wasserhaushalt: bis G6, R3[1)] Gründigkeit : ab 20 cm Hangneigung : bis 75 % Klimazonen : A / B / C / D / E / F[2)]
Fruchtbarkeitsstufe VI 20 bis 34 Bodenpunkte Die Nutzungsmöglichkeiten und die Ertragsfähigkeit sind so stark eingeschränkt, dass eine extensive Bewirtschaftung angezeigt ist. Dazu gehören insbesondere Alpweiden. **Fruchtbarkeitsstufe VII 10 bis 19 Bodenpunkte** Diese Böden sind für die landwirtschaftliche Nutzung ungenügend fruchtbar. Hier sind insbesondere Jung- und Kleinviehalpen einzustufen. **Fruchtbarkeitsstufe VIII bis 9 Bodenpunkte** Von der landwirtschaftlichen Nutzung ausgeschlossene Standorte.	Extreme Einschränkungen durch mindestens einen der folgenden Faktoren: • Klima • Hangneigung • Wasserhaushalt • Gründigkeit

1) Ausführliche Beschreibung siehe Tabelle 5.2b bis Tabelle 5.2d.

2) Ausführliche Beschreibung siehe „Klimaeignungskarten für die Landwirtschaft in der Schweiz", (Der Delegierte für Raumplanung 1977a).

Tabelle 11.2b: Fruchtbarkeitsstufen und Bodenpunktzahlen: Mindestanforderungen an einzelne limitierende Bodenmerkmale sowie Klima und Hangneigung

Fruchtbarkeitsstufe	Wasserhaushalt	Pflanzennutzbare Gründigkeit	Skelettgehalt Ackerkrume	Gefüge Ackerkrume	Feinerde bis 20 cm Tiefe	Säuregrad bis 20 cm Tiefe	Klimazonen Hangneigung
I 90 - 100 Punkte	normal durchlässig, G2, I1	≧ 90 cm	< 10 % bis schwach skeletthaltig	Kr, Sp gut ausgeprägt	sL - L 2 - 5 % Humus	pH H_2O > 5,9 pH $CaCl_2$ > 5,1	A2, A3, A6, B2, B3 < 15 % Neigung
II 80 - 89 Punkte	bis grund-, hang-stauwasserbeeinflusst, G3, I2	≧ 70 cm	< 20 % bis skelett-haltig	Kr, Sp, Po bis mässig ausgeprägt	lS - tL, lU bis 10 % Humus	pH H_2O > 5,9 pH $CaCl_2$ > 5,1	alle A, B; C1-C4 < 25 % Neigung
III 70 - 79 Punkte	bis grund-, hang-, stauwasser-geprägt, G4, I3	≧ 50 cm	< 30 % bis stark kieshaltig	Kr, Sp, Po, Pr bis schwach ausgeprägt	lS - lT, U - tU bis 30 % Humus	pH H_2O > 5,3 pH $CaCl_2$ > 4,3	alle A, B, C; D1-D4 < 35 % Neigung
IV 50 - 69 Punkte	bis häufig im Oberboden porengesättigt, G5, I4, R2, (R3)	≧ 30 cm	< 50 % bis steinreich	alle Gefügearten	alle Bodenarten	pH H_2O > 5,3 pH $CaCl_2$ > 4,3	alle A, B, C, D, E < 50 % Neigung
V 35 - 49 Punkte	bis meist im Oberboden porengesättigt, G6, R3	≧ 20 cm	alle Skelett-klassen	alle Gefügearten	alle Bodenarten	pH H_2O > 3,9 pH $CaCl_2$ > 3,3	alle A, B, C, D, E, F < 75 % Neigung
VI 20 - 34 Punkte	bis meist im Oberboden porengesättigt, R4	≧ 10 cm	alle Skelett-klassen	alle Gefügearten	alle Bodenarten	alle	alle
VII + VIII bis 19 Punkte	bis dauernd im Oberboden porengesättigt, R5	alle	alle Skelett-klassen	alle Gefügearten	alle Bodenarten	alle	alle

Die Fruchtbarkeitsstufe wird durch das am stärksten limitierende Merkmal des Standortes bestimmt = *Hauptlimitierungsmerkmal.*

Angaben zu den einzelnen Kolonnen sind zu finden für: Fruchtbarkeitsstufe: Tab. 11.2a; Wasserhaushalt: Kap. 5.2 + 5.3; Pflanzennutzbare Gründigkeit: Kap. 3.3.3; Skelettgehalt: Kap. 3.6; Gefüge: Kap. 3.3; Feinerde: Kap. 3.5; Säuregrad: Kap. 5.2; Klimazonen: Abb. 9.2a.

11.3 Bodenbewertung in einzelnen Schritten

11.3.1 Übersicht

Um die Herleitung des Reinen Bodenwertes (Bodenpunktzahl) nachvollziehbar zu machen, hat sich in der Praxis bewährt:

Der Bodenaufbau wird vorerst unter der Annahme, dass keine klimatischen oder topografischen Einschränkungen vorliegen, bewertet. Man bestimmt den sogenannten Bodenprofilwert.

Wenn Oberflächengestalt und/oder Klima dies bedingen, passt man den Bodenprofilwert an, entsprechend den Vorgaben der Fruchtbarkeitsstufen-Definition. Daraus ergibt sich der Reine Bodenwert als Bodenpunktzahl (Abb. 11.3a).

Die folgende Darstellung bildet einen praxiserprobten Rahmen und entstammt vornehmlich Erfahrungen aus dem „Ackerbaugebiet" und dem „Übergangsgebiet ackerbaubetont". Selbstverständlich wird damit nicht allen möglichen Wechselwirkungen der vielen Standortmerkmale und weiteren lokalen Gegebenheiten Rechnung getragen.

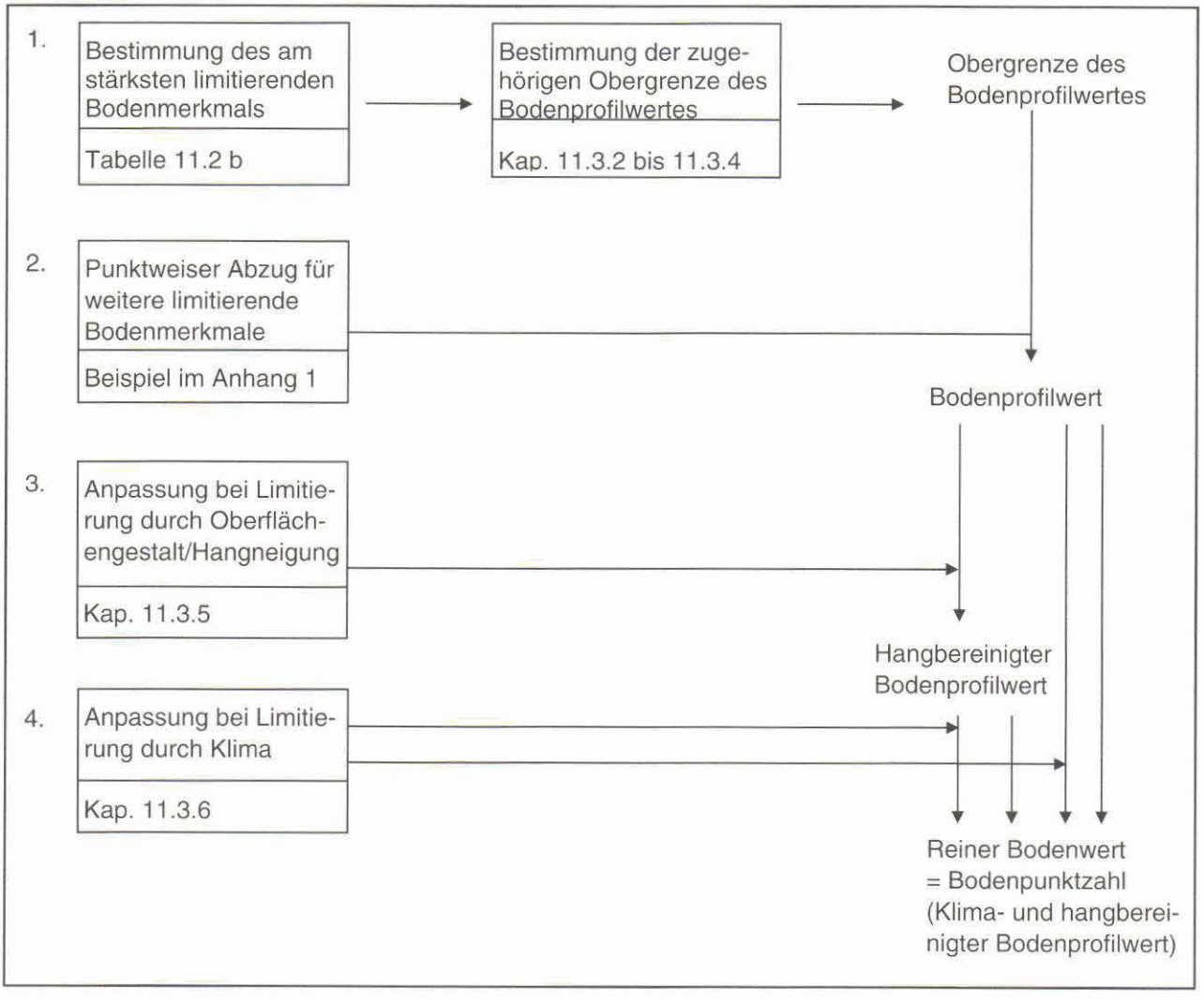


Abbildung 11.3a: Bestimmung des Bodenprofilwertes und der Bodenpunktzahl.

Zur Bestimmung des Bodenprofilwertes wird zuerst das Bodenmerkmal gesucht, das am gegebenen Standort die Nutzungsmöglichkeiten am stärksten einschränkt (Tabelle 11.2b) (Hauptlimitierungsmerkmal). Danach wird die Obergrenze des Bodenprofilwertes festgelegt (Kap. 11.3.2 bis Kap. 11.3.4). Für weitere limitierende Bodenmerkmale erfolgt ein punktweiser Abzug (Beispiel im Anhang 1).

Der Einfluss von Hangneigung und Oberflächengestaltung wird im Unterkapitel 11.3.5, der Klimaeinfluss im Unterkapitel 11.3.6 dargestellt.

11.3.2 Bewertung der pflanzennutzbaren Gründigkeit von normal durchlässigen Böden
(*Hauptlimitierungsmerkmal*: Gründigkeit)

Bei den normal durchlässigen Böden ist vor allem die pflanzennutzbare Gründigkeit als Mass für das Speichervermögen an leicht verfügbarem Wasser wertbestimmend. Auf Grund der bisherigen Erfahrungen aus durchgeführten Projekten und Ertragsuntersuchungen lässt sich der Zusammenhang zwischen Bodenprofilwert und der pflanzennutzbaren Gründigkeit gemäss Abb. 11.1b darstellen.

Bei dieser Wertungsart ist die mit der Tiefe abnehmende pflanzenbauliche Bedeutung der Gründigkeit implizit im Kurvenverlauf berücksichtigt, indem bei 20 bis 30 cm Gründigkeit 1 cm mit 1,5 Punkten bewertet wird, während ab 70 cm Gründigkeit 1 cm nur noch 0,5 Punkten entspricht.

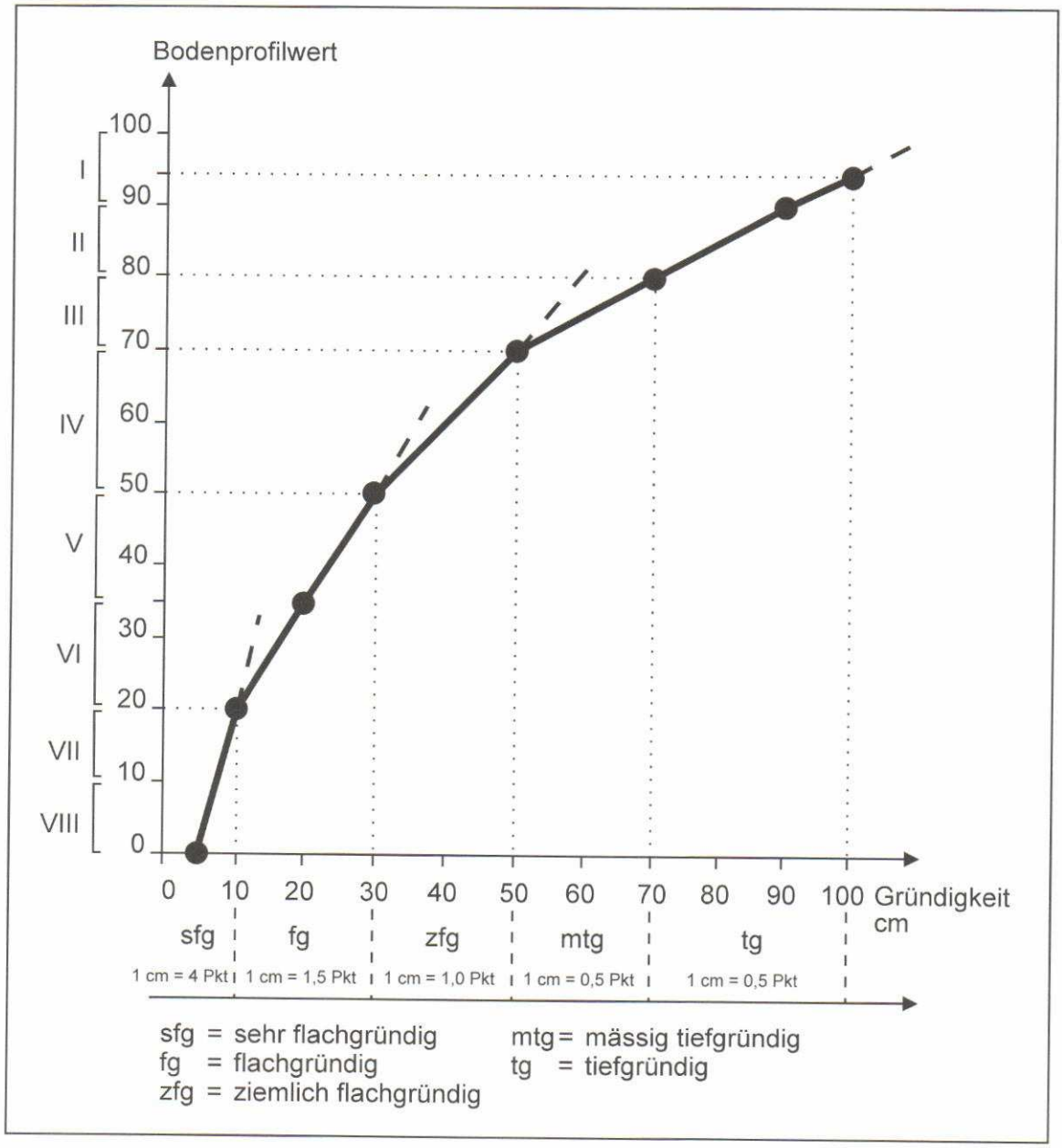


Abbildung 11.3b. Pflanzennutzbare Gründigkeit und Bodenprofilwert von normal durchlässigen Böden (Gründigkeit als Hauptlimitierung).

11.3.3 Bewertung von Böden mit Fremd- oder Stauwasser

(*Hauptlimitierungsmerkmal*: Fremd- oder Stauwasser)

Bei der Bewertung dieser Gruppe von Böden ist nicht nur der Grad und die Ursache der Vernässung zu beachten, sondern auch die Zusammensetzung: mineralische Böden beziehungsweise organische Böden.

a) Bewertung vernässter Mineralböden (Tabelle 11.3a)

Die Grundlage zur Bewertung ist nebst einem allfälligen aktuellen Grundwasserstand einschliesslich seiner Schwankungen die morphologische Profilansprache. Bezüglich dem Vernässungsgrad und der Vernässungsursache sind vier Hauptfälle zu unterscheiden:

1. Stau-, grund- oder hangwasserbeeinflusste Böden
   Die punktweise Korrektur wird normalerweise innerhalb der Fruchtbarkeitsstufe II vorgenommen; pseudogleyige Böden können in Ausnahmefällen in Fruchtbarkeitsstufe III (76-79 Punkte) eingestuft werden.
2. Stauwassergeprägte Böden
   Da Staunässe die Befahr- und Bearbeitbarkeit besonders stark beeinträchtigt, werden die entsprechenden Böden mit maximal 75 Punkten bewertet.
3. Grund- oder hangwassergeprägte Böden; Fremdnässe wechselnd:
   Die in der Regel etwas bessere Bewirtschaftbarkeit der grundwasserbeeinflussten Böden wird durch das gegenüber den stauwassergeprägten Böden höhere Bewertungsmaximum von 79 Punkten angezeigt. Besondere Aufmerksamkeit muss den drainierten Böden geschenkt werden, da die Horizontausprägung der Entwässerungswirksamkeit oft nur träge folgt. In diesen Fällen ist es ratsam, immer auch eine sorgfältige Gefüge- und Körnungsbeurteilung, sowie wenn möglich eine Messung der Veränderungen des Grundwasserstandes durchzuführen.
4. Grund- oder hangwassergeprägte Böden: Fremdnässe dauernd
   Bei diesen landwirtschaftlichen Grenzwertböden ist insbesondere auch die Möglichkeit zur Verbesserung des Wasserhaushaltes zu beurteilen und entsprechend bei der Bewertung mitzuberücksichtigen.

b) Bewertung organischer Böden (Tabelle 11.3b)

Die Bewertung der Moore und Halbmoore stützt sich vornehmlich auf die Lage und die Stabilität des Grundwasserstandes ab.

Die höchste Punktzahl von 69 Punkten ist an grundnasse Böden mit einem stabilisierten Grundwasserstand zwischen 60 und 90 cm unter Terrain zu vergeben.

Für die Gruppe der stark grundnassen organischen Böden gilt, dass bei einem stabilisierten Grundwasserstand bis 59 Punkte angezeigt sind, während bei zeitweiser Überflutung die Bewertung zwischen 20 und 34 Punkten erfolgen soll.

Tabelle 11.3a. Bewertung von mineralischen Böden mit Fremd- oder Stauwasser als Hauptlimitierung

Wasserhaushalt		Bodenprofilwert
1. Stau-, grund- oder hangwasserbeeinflusste Böden		
pseudogleyig	(I2)	76 - 89 Punkte
gleyig	(G3)	80 - 89 Punkte
2. Stauwassergeprägte Böden		
stark pseudogleyig	(I3)	66 - 75 Punkte
sehr stark pseudogleyig	(I4)	50 - 65 Punkte
3. Grund- oder hangwassergeprägte Böden: Fremdnässe wechselnd		
stark gleyig	(G4)	70 - 79 Punkte
sehr stark gleyig	(G5)	50 - 69 Punkte
extrem gleyig	(G6)	35 - 49 Punkte
4. Grund- oder hangwassergeprägte Böden: Fremdnässe dauernd		
grundnass	(R2)	50 - 60 Punkte
stark grundnass	(R3)	35 - 49 Punkte
sehr stark grundnass	(R4)	20 - 34 Punkte
sumpfig	(R5)	bis 19 Punkte

Abgrenzung der Untertypen siehe Tabelle 5.2b bis Tabelle 5.2d.

Tabelle 11.3b. Bewertung organischer Böden mit Fremdwasser als Hauptlimitierung

Wasserhaushalt		Bodenprofilwert
Grundnass	(R2)	60 - 69 Punkte
Stark grundnass	(R3)	35 - 59 Punkte
Sehr stark grundnass	(R4)	20 - 34 Punkte
Sumpfig	(R5)	bis 19 Punkte

Abgrenzung der Untertypen siehe Tabelle 5.2d.

11.3.4 Bewertung der Feinerde, des Skelettgehaltes sowie des Gefüges und des Säuregrades in der Ackerkrume.

(*Hauptlimitierungsmerkmale*: Feinerde, Skelettgehalt, Gefüge, Säuregrad)

Feinerdezusammensetzung in der Ackerkrume

In der ersten Fruchtbarkeitsstufe sollten nur Böden eingereiht werden, die in der Ackerkrume einen Humusgehalt von 2 bis 5 % aufweisen und zu den Körnungsklassen sandiger Lehm und Lehm gehören.

In der zweiten Fruchtbarkeitsstufe können auch Böden mit einem Gehalt bis 40 % Ton und bis 10 % Humus sowie die Körnungsklassen lehmiger Sand und lehmiger Schluff auftreten.

Die Körnungsklassen lehmiger Ton, Schluff und toniger Schluff sowie Böden mit einem Humusgehalt von 10 % bis 30 % sind der dritten Fruchtbarkeitsstufe zuzuordnen.

Skelettgehalt in der Ackerkrume

Der Skelettgehalt der Ackerkrume spielt beim heutigen Mechanisierungsgrad der Landwirtschaft eine wesentliche Rolle. Die nachfolgende Zusammenstellung (Tabelle 11.3c) gibt die Anforderung für die einzelnen Fruchtbarkeitsstufen wieder.

Tabelle 11.3c. Bewertung von Böden mit Skelettgehalt als Hauptlimitierung

Bezeichnung	Volumen %	Bodenprofilwert
skelettfrei, skelettarm	< 5	96 - 100 Punkte
schwach skeletthaltig	5 - 10	90 - 95 Punkte
kieshaltig[1] steinhaltig	10 - 20	80 - 89 Punkte 75 - 84 Punkte
stark kieshaltig[1] stark steinhaltig	20 - 30	70 - 79 Punkte bis 69 Punkte
kiesreich[1] steinreich	30 - 50	50 - 69 Punkte bis 60 Punkte
Kies[1] Geröll, Blöcke	> 50	bis 49 Punkte

1 = höchstens 1/3 Grobskelett

Gefüge in der Ackerkrume

Wesentlichstes Unterscheidungsmerkmal zwischen den einzelnen Fruchtbarkeitsstufen ist der Ausprägungsgrad und die Grösse der aggregierten Gefügeformen. So soll in der Stufe I das Gefüge krümelig oder subpolyedrisch sein. Das Einzelaggregat soll nur ausnahmsweise grösser als 20 mm sein. Böden mit einem prismatischen Gefüge bis höchstens 50 mm Aggregatgrösse werden der III. Stufe zugewiesen. Ab der Fruchtbarkeitsstufe IV kann das Bodengefüge nicht mehr als Hauptlimitierungsmerkmal auftreten.

Säuregrad der Ackerkrume

Bezüglich dem Säuregrad wird gefordert, dass ab Bodenprofilwert 80 Punkte das pH im schwach sauren bis neutralen Bereich liegt und für Böden mit Bodenprofilwert 50 bis 79 Punkte nicht unterhalb pH 5,3 (H_2O).

Fruchtbarkeitsstufen I und II	pH H_20	5,9 bis 7,2
	pH $CaC1_2$	5,1 bis 7,0
Fruchtbarkeitsstufen III und IV	pH H_20	> 5,3
	pH $CaC1_2$	> 4,3

11.3.5 Bewertung der Hangneigung und Oberflächengestalt

(*Hauptlimitierungsmerkmal*: Hangneigung und Oberflächengestalt)

Die landwirtschaftliche Nutzung eines Standortes kann auch durch die Geländeform grundsätzlich eingeschränkt werden (s. Anhang 5). Dementsprechend ist je nach Hangneigung die höchstmögliche Bodenpunktzahl festzulegen. Einen Rahmen dafür bieten die in Tabelle 11.3d aufgeführten Wertepaare.

Tabelle 11.3d. Hangneigung als Hauptlimitierungsmerkmal und höchstmöglicher hangbereinigter Bodenprofilwert

Hangneigung	Höchstmöglicher hangbereinigter Bodenprofilwert (Punkte)
bis 10 %	100
bis 15 %	95
bis 20 %	89
bis 25 %	85
bis 35 %	79
bis 50 %	69
bis 75 %	49

Bei ungleichmässiger Oberflächengestaltung erfolgt die Anpassung der Bodenprofilwerte durch Herabsetzung des Höchstwertes für die entsprechende gleichmässige Hangneigung, je nach Massgabe der Nutzungsbeeinträchtigung.

Beispiel:

Geländeform: ungleichmässig bis 25 %

⇒ Höchstmögliche Punktzahl

- Hangneigung gleichmässig 25 % (Tabelle 11.3d) 85 Punkte
- Hangneigung ungleichmässig bis 25 % 79 Punkte

Für Standorte, an denen die Hangneigung Hauptlimitierungsmerkmal ist, sind demnach die Bodenprofilwerte, die über dem entsprechenden Höchstwert liegen, anzupassen. Es empfiehlt sich die Reduktion in abgestuften Schritten innerhalb des möglichen Punkterahmens.

Beispiel: Hangneigung: 35 %

Höchstmögliche Punktzahl: 79 Punkte

Bodenprofilwert	hangbereinigter Bodenprofilwert
95 - 100 Punkte	79 Punkte
90 - 94 Punkte	78 Punkte
85 - 89 Punkte	77 Punkte
80 - 84 Punkte	76 Punkte

Bodenprofilwerte unterhalb der höchstmöglichen Punktzahl schliessen sich innerhalb des Bereinigungsrahmens direkt nachfolgend an, das heisst für vorliegendes Beispiel:

Bodenprofilwert	hangbereinigter Bodenprofilwert
75 - 79 Punkte	75 Punkte

Ab 74 Punkten erfolgt dann keine weitere Bereinigung.

Der hangbedingte, betriebswirtschaftliche Mehraufwand wird durch die Bonitierungskommission bewertet (Anhang 6).

11.3.6 Bewertung des Klimaeinflusses

(*Hauptlimitierungsmerkmal*: Klima)

Das Klima bildet häufig das am stärksten limitierende Standortsmerkmal. Den Fruchtbarkeitsstufen müssen daher entsprechend begrenzende Klimaeinheiten zugeordnet werden. Am geeignetsten hierzu sind die Klimazonen gemäss der Klimaeignungskarte der Schweiz (Der Delegierte für Raumplanung 1977a).

Der Rahmen für die klimatische Begrenzung des Bodenwertes ist in der folgenden Tabelle (Tabelle 11.3e) zusammengestellt.

Tabelle 11.3e. Klimazonen und Bodenpunktzahl (Klima als Hauptlimitierungsmerkmal)

Klimazonen	Höchstmögliche Bodenpunktzahl
A2, A3, A6 B2, B3	90 bis 100 Punkte
A1, A4, A5 B1, B4, B5, B6, C1-4	80 bis 89 Punkte
C5 - 6 D1 - 4	70 bis 79 Punkte
D5 - 6 E	50 bis 69 Punkte
F	35 bis 49 Punkte

Die Festlegung der effektiven Höchst-Bodenpunktzahl ist aufgrund des jeweiligen Lokalklimas vorzunehmen. Dazu kann die Unterteilung des Perimeters in mehrere lokale Klimabereiche mit eigenem Maximum sinnvoll sein.

Analog dem Vorgehen bei der Hangneigung zur Bereinigung derjenigen Bodenprofilwerte, die oberhalb der entsprechenden höchstmöglichen Bodenpunktzahl liegen, empfiehlt sich auch für die klimabedingte Reduktion die Herabsetzung in abgestuften Schritten innerhalb des möglichen Punkterahmens.

Beispiel:
- Klimazone C 5-6
- Höchstmögliche Punktzahl: 79 Punkte

Hangbereinigter Bodenprofilwert	Klima- und hangbereinigter Bodenprofilwert = Bodenpunktzahl
95 - 100 Punkte	79 Punkte
90 - 94 Punkte	78 Punkte
85 - 89 Punkte	77 Punkte
83 - 84 Punkte	76 Punkte
80 - 82 Punkte	75 Punkte

Damit die Bodenprofilwerte innerhalb der Fruchtbarkeitsstufe richtig eingeordnet werden, sind auch die unterhalb dem Stufenmaximum liegenden Bodenprofilwerte anzupassen. In

Fortsetzung des vorangehenden Beispiels, kann folgender Reduktionsrahmen empfohlen werden:

Hangbereinigter Bodenprofilwert	Klima- und hangbereinigter Bodenprofilwert = Bodenpunktzahl
78 - 79 Punkte	74 Punkte
76 - 77 Punkte	73 Punkte
74 - 75 Punkte	72 Punkte
72 - 73 Punkte	71 Punkte
70 - 71 Punkte	70 Punkte

Ab 69 Punkten erfolgt dann keine Reduktion mehr, da das Klima in diesen Fällen nicht weiter limitierend wirkt.

Der klima- und hangbereinigte Bodenprofilwert entspricht der Bodenpunktzahl, die als Reiner Bodenwert auch der Ausgangswert für die Bonitierung ist (Ablauf siehe Anhang 6).

Verzeichnisse

Literaturverzeichnis
Verzeichnis der Abbildungen
Verzeichnis der Tabellen

Ver-
zeich-
nisse

VERZEICHNISSE

Literatur

AG Boden, 1994. Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, D-70176 Stuttgart. 392 S.

BGS, 1996. Schlüssel zur Klassifikation der Bodentypen der Schweiz. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, Arbeitsgruppe Bodenklassifikation und Nomenklatur. 11 S.

Blum W.E.H., Spiegel H. und Wenzel W.W., 1989. Bodenzustandsinventur. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien. 95 S. und Anhang.

Blume H.P., 1992. Handbuch des Bodenschutzes 2. Auflage. Ecomed D-86899 Landsberg. 794 S.

Blume H.P., Felix-Henningsen P., Fischer W.R., Frede H.-G., Horn R. und Stahr K., 1996. Handbuch der Bodenkunde. Ecomed D-86899 Landsberg. Z.Z. ca. 500 S.

BLW und BUWAL, 1994. Wegleitung für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3003 Bern. 100 S. und Anhang.

BLW und BUWAL, 1996. Düngen zur richtigen Zeit. Merkblatt der FA.

Bundesamt für Justiz, 1986. Anleitung für die Schätzung des landwirtschaflichen Ertragswertes. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3003 Bern. 128 S.

Bundesamt für Landestopographie, 1984. Atlas der Schweiz, Tafel 7a Böden. Verlag des Bundesamtes für Landestopographie, Wabern-Bern.

Bundesamt für Raumplanung, 1980. Bodeneignungskarte der Schweiz. Massstab 1:200'000. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3003 Bern. 4 Kartenblätter mit Bericht, 145 S.

BUWAL, 1996. Handbuch Waldbodenkartierung (Bearbeitung FAP). Dokumentationsdienst BUWAL, 3003 Bern. 125 S.

Calörtscher M., 1996. Bodenbewertung und Ertragswertschätzung für Landumlegung in der Landwirtschaftszone. Institut für Kulturtechnik, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich. 250 S.

Der Delegierte für Raumplanung, 1977a. Klimaeignungskarten für die Landwirtschaft in der Schweiz Massstab 1:200'000. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3003 Bern. 5 Karten mit Bericht, 47 S.

Der Delegierte für Raumplanung, 1977b. Wärmegliederung der Schweiz, Massstab 1:200'000. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, 3003 Bern. 5 Karten mit Bericht,
69 S.

FAC, 1995. Kompost und Klärschlamm. Weisungen und Empfehlungen der FAC im Bereich der Abfalldünger. EDMZ, 3000 Bern.

FAL, 1996. Schweizerische Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Band 2, Bodenuntersuchung zur Standort-Charakterisierung. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. Ca. 60 S.

FAP, 1985. Die Bewertung des Reblandes (Interner Bericht). Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. 4 S.

FAP, 1986. Bodenkarte Wohlen mit Erläuterungen. Landeskarte der Schweiz 1:25'000 Blatt 1090. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. Karte und Bericht, 95 S.

FAP, 1992a. Klassifikation der Böden der Schweiz. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. 84 S.

FAP, 1992b. Bodenkarte Laufenburg mit Erläuterungen. Landeskarte der Schweiz 1:25'000 Blatt 1049. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. Karte und Bericht, 103 S.

FAP, 1993. Bodenkarte Rheinfelden mit Erläuterungen. Landeskarte der Schweiz 1:25'000 Blatt 1048. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. Karte und Bericht, 86 S.

FAP, RAC, FAC, 1994. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Landwirtschaftliche Beratungszentrale (LBL), 8315 Lindau. 40 S.

Frei E. und Juhasz P., 1963. Beitrag zur Methodik der Bodenkartierung und der Auswertung von Bodenkarten unter schweizerischen Verhältnissen. Schweizerische Landwirtschaftlichen Forschung II (3), 249-307.

Frei E., Jäggli F., Peyer K., Juhasz P. und Bonnard L.F., 1969. Bodenkarten unterstützen Meliorationen, Bonitierungen und Planungsarbeiten. Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft 17 (12), 197-208.

Frei E. und Peyer K., 1973. Ziel und Aufgaben der Bodenkartierung. Mitteilungen für die Schweiz. Landwirtschaft 21 (12), 228-240.

Hasinger G., Keller L., Marendaz E., Neyroud J.A., Vökt U. und Weisskopf P., 1993. Bodenbeurteilung im Feld. Landwirtschaftliche Beratungszentrale 8315 Lindau. 15 S.

Koblet R., 1965. Der landwirtschaftliche Pflanzenbau. Birkhäuser Verlag, Basel. 829 S.

Kuntze H., Roeschmann G. und Schwerdtfeger G., 1994. Bodenkunde, 5. Auflage. Eugen Ulmer Stuttgart. 424 S.

Legros J.-P., 1996. Cartographies des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes, 1015 Lausanne. 370 S.

Müller M. und Zihlmann U., 1987. 10 Jahre Bodenkartierung 1:25'000. Bulletin der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz, Nr. 11, 25-30.

OFEFP, 1996. Manuel Cartographie des sols forestiers (Rédaction FAL). Service de documentation OFEFP, 3003 Berne. 123 p.

Oyama M. and Takehara H., 1967. Revised Standard Soil Color Charts. Ministry of Agriculture and Fisheries Japan (erhältlich durch Eijkelkamp, NL-6987 Giesbeek oder AGBA).

Reybold W.U. and Petersen G.W., 1987. Soil Survey Techniques. Soil Science Society of America, Madison Wisc. USA. 98 S.

Richard F., Lüscher P. und Strobel T., 1978. Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz, Bd. 1. Eidgenössische Anstalt für forstliches Versuchswesen, 8903 Birmensdorf. Ca. 200 S.

Scheffer/Schachtschabel, 1992. Lehrbuch der Bodenkunde, 13. Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 491 S.

Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1.2a.	Anwendungsbeispiele, dargestellt an der Bodenkarte 1:25'000, Blatt Rheinfelden	1.2-2
Abb. 2.1a.	Bodenprofil mit Bodenhorizonten	2.1-1
Abb. 2.1b	Anlage der Profilgrube	2.1-2
Abb. 2.2a.	Profilblatt der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich-Reckenholz	2.2-1
Abb. 2.3a.	Beispiel Skizzen Situation, Topographie / Geologie sowie Titeldaten	2.3-1
Abb. 3.1a.	Beispiel Profilbeschreibung	3.1-1
Abb. 3.2a.	Häufige Signaturen in Profilskizzen	3.2-1
Abb. 3.5a.	Körnungsdiagramm	3.5-2
Abb. 3.6a.	Vergleichstafeln zur Schätzung von Flächenanteilen	3.6-2
Abb. 4.1a.	Angaben zu Standort, Bewertung/Eignung sowie Nutzungsbeschränkungen und Meliorationen	4.1-1
Abb. 4.1b.	Landschaftselemente	4.1-3
Abb. 5.1a.	Beispiel Bodenbezeichnung	5.1-1
Abb. 6.1a.	Übersicht über den Ablauf einer Bodenkartierung	6.1-1
Abb. 6.3a.	Beispiel der Bodenabfolge entlang eines Landschaftsquerschnittes vom Bünztal zum Limmattal	6.3-2
Abb. 7.2a.	Codierung der Arbeitslegende	7.2-2
Abb. 7.2b.	Aufbau einer Bodenkartei bzw. -datei	7.2-4
Abb. 7.3a.	Vergleich Gelände - Bodenkarte sowie die Verwendung wichtiger Begriffe aus der Bodenkartierung	7.3-2
Abb. 7.3b.	Vorgehen bei der Abgrenzung von Kartierungsteilflächen	7.3-3
Abb. 7.3c.	Kartierung nach Geländeformen (Beispiel: Moränenhügelland)	7.3-4
Abb. 7.3d.	Kartierung mittels systematischer Bohrungen (Beispiel: Schotterebene)	7.3-4
Abb. 7.3e.	Zusammenfassung ähnlicher Bodenformen beim Kartieren (Beispiel: Moränenteilfläche)	7.3-7
Abb. 7.3f.	Zusammenhang Substrat - Relief - Boden (Beispiel: Substratabfolge Deckenschotter - Hangschutt - Molassesandstein)	7.3-7
Abb. 8.2a.	Aufbau des Kartencodes für *Reine Bodeneinheiten*	8.2-1

		Seite
Abb. 8.2b.	Drei Möglichkeiten des Kartencode-Aufbaus für *Zusammengesetzte Bodeneinheiten*	8.2-1
Abb. 8.2c.	Beispiel für die Verwendung von Laufnummern für *Zusammengesetzte Bodeneinheiten*, abgestimmt auf Bodenwasserhaushaltsgruppen. Kurzlegende der Bodenkundlichen Landesinventur der Schweiz 1:25'000	8.2-2
Abb. 9.2a.	Zusammenfassung der Klimazonen zu sechs landwirtschaftlichen Nutzungsgebieten	9.2-2
Abb. 10.1a	Schematischer Überblick der Faktoren, die das Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste bestimmen	10.1-2
Abb. 11.3a.	Bestimmung des Bodenprofilwertes und der Bodenpunktzahl	11.3-1
Abb. 11.3b.	Pflanzennutzbare Gründigkeit und Bodenprofilwert von normal durchlässigen Böden (Gründigkeit als Hauptlimitierung)	11.3-3

Tabellenverzeichnis

		Seite
Tab. 3.4a	Einteilung der Böden nach dem Humusgehalt	3.4-1
Tab. 3.5a.	Fraktionen der mineralischen Feinerde	3.5-1
Tab. 3.5b	Körnungsklassen	3.5-2
Tab. 3.6a.	Fraktionen des Bodenskelettes	3.6-1
Tab. 3.6b	Skelettklassen	3.6-1
Tab. 3.6c.	Skeletteinteilung bei Waldkartierungen und Bodenkartierung 1:25'000	3.6-2
Tab. 3.7a.	Bestimmung des Karbonatgehaltes mit verdünnter Salzsäure	3.7-1
Tab. 3.8a.	Bodenreaktion. Klasseneinteilung entsprechend pH-Wert	3.8-1
Tab. 4.1a.	Vegetationsformen	4.1-2
Tab. 4.1b.	Ausgangsmaterialien für die Bodenbildung	4.1-2
Tab. 5.2a.	Boden-Untertypen und ihre Kürzel	5.2-1
Tab. 5.2b.	Boden-Untertypen bei Vernässung durch Stauwasser (I)	5.2-2
Tab. 5.2c.	Boden-Untertypen bei wechselnder Vernässung durch Grund- und Hangwasser (G)	5.2-3
Tab. 5.2d.	Boden-Untertypen bei dauernder Vernässung durch Grund- oder Hangwasser (R)	5.2-3
Tab. 5.3a.	Schätzungsrahmen zur Bestimmung der pflanzennutzbaren Gründigkeit von Vernässungshorizonten	5.3-2
Tab. 5.3b.	Pflanzennutzbare Gründigkeit und Speichervermögen für leicht verfügbares Wasser	5.3-2
Tab. 5.3c.	Übersicht über die Bodenwasserhaushalts(unter-)gruppen, in Abhängigkeit von Vernässungsgrad (Untertyp) und pflanzennutzbarer Gründigkeit	5.3-3
Tab. 6.2a.	Grundlegende Informationen für ein Bodenkartierungsprojekt	6.2-1
Tab. 6.4a.	Luftbildinterpretationsschlüssel bezüglich Grauton-Kontraste	6.4-1
Tab. 7.2a.	Beispiel einer Arbeitslegende erweitert durch Angaben über das Substrat	7.2-3
Tab. 8.1a.	Mindestabmessungen für eine Kartierteilfläche bei verschiedenen Massstäben	8.1-1
Tab. 8.2a.	Codierung wichtiger Bodentypen	8.2-3
Tab. 8.2b.	Codierung der Geländeformen (Oberflächengestalt und Hangneigung)	8.2-3

		Seite
Tab. 8.3a.	Zusammenhang Arbeitslegende - Bodenkartencode - Bodenkartenlegende (bei *Reinen Bodeneinheiten*)	8.3-1
Tab. 8.3b.	Beispiel Zusammenhang Arbeitslegende - Bodenkartencode - Bodenkartenlegende	8.3-1
Tab. 8.3c.	Auszug Bodenkartenlegende Laufenburg 1:25'000	8.3-2
Tab. 9.2a.	Umschreibung der sechs klimatischen Nutzungsgebiete	9.2-3
Tab. 9.2b.	Die zehn Eignungsklassen und ihre Umschreibung	9.2-4
Tab. 9.3a	Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im „Ackerbaugebiet"	9.3-2
Tab. 9.3b	Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im „Übergangsgebiet ackerbaubetont"	9.3-3
Tab. 9.3c	Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im „Übergangsgebiet futterbaubetont"	9.3-4
Tab. 9.3d	Ausprägung einzelner Bodenmerkmale und zugeordnete Eignungsklasse im „Futterbaugebiet"	9.3-5
Tab. 9.3e.	Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund der pflanzennutzbaren Gründigkeit (limitierendes Merkmal: G)	9.3-11
Tab. 9.3f.	Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund des Stauwasser-Einflusses (limitierendes Merkmal: I)	9.3-11
Tab. 9.3g.	Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund des Grund- bzw. Hangwasser - Einflusses (limitierendes Merkmal: F)	9.3-11
Tab. 9.3g	(Fortsetzung)	9.3-12
Tab. 9.3h.	Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund des Steingehaltes im Oberboden (limitierendes Merkmal: S)	9.3-12
Tab. 9.3i.	Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund der Feinerde-Körnung im Oberboden (0 - 25 cm). (limitierendes Merkmal: A)	9.3-13
Tab. 9.3j.	Einstufung eines Bodens in eine Eignungsklasse aufgrund der Hangneigung resp. Geländeform (limitierendes Merkmal: N). Siehe auch Anhang 5	9.3-13
Tab. 9.4a.	Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angaben der limitierenden Merkmale) im Ackerbaugebiet	9.4-2
Tab. 9.4b.	Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angaben der limitierenden Merkmale) im Übergangsgebiet ackerbaubetont	9.4-3
Tab. 9.4c.	Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angabe der limitierenden Merkmale) im Übergangsgebiet futterbaubetont	9.4-4

		Seite
Tab. 9.4d.	Schema zur Einstufung in die Eignungsklasse aufgrund der Wasserhaushaltsgruppe und der Hangneigung (mit Angabe der limitierenden Merkmale) im Futterbaugebiet	9.4-5
Tab. 10.1a.	Umschreibung der vier Risikostufen am Beispiel des Nutzungsgebietes 1 („Ackerbaugebiet")	10.1-4
Tab. 10.1b.	Bestimmung der Risikostufe im „Ackerbaugebiet"; wichtigste Zuteilungskriterien	10.1-6
Tab. 10.1c.	Bestimmung der Risikostufe im „Übergangsgebiet ackerbaubetont"; wichtigste Zuteilungskriterien	10.1-7
Tab. 10.1d.	Bestimmung der Risikostufe im „Übergangsgebiet futterbaubetont"; wichtigste Zuteilungskriterien	10.1-8
Tab. 10.1e.	Bestimmung der Risikostufe im „Futterbaugebiet"; wichtigste Zuteilungskriterien	10.1-9
Tab. 11.2a.	Fruchtbarkeitsstufen und Bodenpunktzahlen der landwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz	11.2-2
Tab. 11.2b	Fruchtbarkeitsstufen und Bodenpunktzahlen: Mindestanforderungen an einzelne limitierende Bodenmerkmale sowie Klima und Hangneigung	11.2-3
Tab. 11.3a.	Bewertung von mineralischen Böden mit Fremd- oder Stauwasser als Hauptlimitierung	11.3-5
Tab. 11.3b.	Bewertung organischer Böden mit Fremdwasser als Hauptlimitierung	11.3-5
Tab. 11.3c.	Bewertung von Böden mit Skelettgehalt als Hauptlimitierung	11.3-6
Tab. 11.3d	Hangneigung als Hauptlimitierungsmerkmal und höchstmöglicher hangbereinigter Bodenprofilwert	11.3-7
Tab. 11.3e.	Klimazonen und Bodenpunktzahl (Klima als Hauptlimitierungsmerkmal)	11.3-8

Anhänge

Anhang 1 - Beispiel zur Standortbeurteilung durch Interpretation von Standorteigenschafte
Anhang 2 - Erläuterung der Zuordnung der Risikostufen zu den Standortmerkmalen
Anhang 3 - Ausgestaltung der Risikokarte zum praktischen Gebrauch
Anhang 4 - Farbskalen zur Kartendarstellung
Anhang 5 - Hangneigung, Mechanisierung und Nutzungseignung
Anhang 6 - Vom „Reinen Bodenwert" zum "Bonitierungswert"
Anhang 7 - Glossar

Beispiel zur Standortbeurteilung durch Interpretation von Standorteigenschaften

Als Beispiel (Profilblatt, Anhang 1, Seite 2) dient eine Kartier-Teilfläche (Kap. 7.3) mit dem Kartierungscode cT T2 $\frac{2}{6}$ $\frac{4}{6}$ 3 e (= Arbeitslegenden-Codierung, Kap. 7.2.1). Im Profilblatt ist das zugehörige Referenzprofil UR 95 beschrieben. Es wird für die folgenden drei Auswertungen herangezogen. Wer Karten interpretiert (vorzugsweise die Kartiererin oder der Kartierer selbst) soll jedoch auch die besonderen Standortverhältnisse mit ihren kleinräumigen Variationen innerhalb der zu beurteilenden Teilfläche berücksichtigen.

a) Bestimmung der Eignungsklasse und des limitierenden Merkmals (vgl. Kap. 9.3)

Die Teilfläche befindet sich gemäss Profilblatt (Anhang 1, Seite 2) im Nutzungsgebiet 1; somit wird die Übersichts-Tabelle 9.3a zur Bestimmung von limitierenden Merkmalen angewendet.

Im Beispiel genügen die Ausprägungen von drei Merkmalen, nämlich „Pflanzennutzbare Gründigkeit", „Skelettklasse" und „Körnungsklasse", nicht für Eignungsklasse (EK) 1. Alle drei, einzeln genommen, sind typisch für EK2.

Wesentliche nachteilige Wechselwirkungen sind im vorliegenden Fall nicht zu berücksichtigen, da insbesondere der Skelettgehalt bei der Berechnung der pflanzennutzbaren Gründigkeit abgezogen wird.

Zum selben Ergebnis kommt man auch, wenn über die Tabellen 9.3e bis 9.3j eingestiegen wird. Dort sind zusätzlich die Codes der limitierenden Merkmale zu entnehmen (G, S und A).

Bedingen mehrere limitierende Merkmale die gleiche Eignungsklasse, muss man sich für eines entscheiden. Häufig angewandte Reihenfolge: Hangneigung (N), Grund-, Hang- oder Stauwasser (F oder I), Gründigkeit (G), Skelett (S), Bodenart (A). Im Beispiel ist demnach die Eignungsklasse 2G zu wählen. In Kartoffelbauregionen würde man sich eventuell für 2S entscheiden.

b) Bestimmung der Risikostufe (Kap. 10)

Für das „Ackerbaugebiet" (Nutzungsgebiet 1) ist Tabelle 10.1b zu verwenden.

Über die 3 Teilbereiche ist die Risikostufe mit dem limitierenden Merkmal zu bestimmen.

Teilbereich 1: Grund-, Hang- und Stauwasser
- keine Vernässung: Risikostufe 1

Teilbereich 2: Wasser- und Nährstoffspeicherung, pflanzennutzbare Gründigkeit
- mässig tiefgründig, Boden mit weniger als 10 % Ton im C-Horizont, ergibt Risikostufe 2U

Teilbereich 3: Hangneigung und Oberbodengefüge
- 2 % Neigung, Oberboden gut strukturiert (Gefüge: krümelig): Risikostufe 1

Das höchste Teilrisiko ist 2U. Damit ist die definitive Risikostufe 2U.

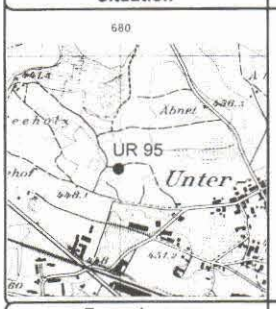
c) Bewertung als landwirtschaftlich genutzter Boden (Kap. 11)

Die Tabelle 11.2b ergibt die Fruchtbarkeitsstufe III (70 - 79 Punkte) mit der Gründigkeit als Hauptlimitierungsgrund.

Nach Abbildung 11.3b ergibt eine pflanzennutzbare Gründigkeit von 69 cm einen Bodenprofilwert von 79 Punkten (gerundet). Der Skelettgehalt behindert die Nutzung in dieser Fruchtbarkeitsstufe zusätzlich. Durch einen Abzug von 3 Punkten unterscheidet man diesen Boden von einem ähnlichen Boden ohne Skelett. Damit ergibt sich ein Bodenprofilwert von 76 Punkten. In diesem Beispiel, mit Hangneigung bis 10 % (Geländeform e, Tab. 8.2b) und Klimazone A3 ist der Bodenprofilwert identisch mit der Bodenpunktzahl (= Reiner Bodenwert).

Profilblatt des Referenzprofiles zum Interpretationsbeispiel

Situation



Topographie / Geologie

W E

Grube
Schotter

Titeldaten

Datenschlüssel	Projekt-Nr.	Profilart	Pedologe	Datum			Profilbezeichnung	
1	2	3	4	5			6	7
6	2	B	Ju	25	11	1960	UR	95

8 9	Polit.Gem. Kanton	Zürich ZH					Gem. Nr.	261	10
	Ort Flurname	Unter-Affoltern Steinrüti							11
12	Blatt-Nr. 1:25'000	1091	Koordinaten	13	679	950	253	550	14
	Kartierungscode	cT T2 $^{2}/_{6}$ $^{4}/_{6}$ 3 e							15

Bemerkungen

Bodenbezeichnung

Parabraunerde	Bodentyp	16	T	1355	17
ausgeprägt	Untertyp		T2		18
kieshaltig / kiesreich	Skelettgehalt	19	2	6	20
lehmreicher Sand / Lehm	Feinerdekörnung	21	4	6	22
perkoliert	Wasserhaushaltsgruppe /			c	23
mässig tiefgründig	Pflanzennutzbare Gründigkeit		69 cm	3	24
schwach wellig	Neigung	25	2 %	Geländeform e	26

Profilskizze

27	28	29/30		31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43) 42		44/45	46/47	48 - 55	56
Horizont														
Nr.	Tiefe	Bezeichnung	Profilskizze	Gefüge	organ. Sub. %	Ton %	Schluff %	Sand %	Kies (0.2-5) Vol. %	Steine (>5cm) Vol. %	Kalk $CaCO_3$ %	pH $CaCl_2$	Farbe (Munsell)	Proben Bemerkungen
1		Ah,p		Kr 2	5,4	11,2	26,8	62,0	12	3	-	6,0	10YR $^{4}/_{3}$	a
2	20	AB		Kr 2	1,5	14,7	30,4	54,9	12	3	-	6,4	7,5YR $^{4}/_{4}$	b
3	35	It		Sp 2- Po 2		21,5	32,7	45,8	28	9	-	6,5	7,5YR $^{5}/_{8}$	c
4	85	BC		Sp 2+ EK		12,8	28,6	58,4	30	10	9,0	7,8	7,5YR $^{6}/_{4}$	d
5	95	C		EK		2	5	93	35	15	36,0	8,2	2,5YR $^{6}/_{4}$	e

Profiltiefe
57
120

Standort

Höhe ü. M. m	Exposition	Klimaeignungszone	Vegetation aktuell	Ausgangsmaterial	Landsch. element		Nutzungsgebiet
58	59	60	61	62/63	64	65	
446	S	A3	KW	SC	a	1	1

Bewertung / Eignung

	Stufe	Bodenpunktzahl	Eignung	Eignungsklasse
	73	74	75	76
	3	76		2

Nutzungsbeschränkungen / Meliorationen

Krumenzustand	Limitierungen	Nutzungsbeschränkung	Meliorationen festgestellte	Meliorationen empfohlene	Düngereinsatz fest	Düngereinsatz flüssig
66	67	68	69	70	71	72
1	G, S, U	B	-	-	2	2

Wald

Humusform	Bestand		Baumhöhe, m gem.	Baumhöhe, m gesch.	Vorrat, m³/ha gem.	Vorrat, m³/ha gesch.	Alter, J gem.	Alter, J gesch.	Gesellschaft	Geeignete Baumarten	Prod.-fähigkeit Stufe	Prod.-fähigkeit Punkte
100	101 a	101 b	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111

Bodenkartierung, Eidgenössische Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, 8046 Zürich-Reckenholz, 1995

Erläuterung der Zuordnung der Risikostufe zu den Standortmerkmalen

Anhand von drei Beispielen wird der Vorgang erläutert, wie man von der Ausprägung der Standortmerkmale zur Risikostufe kommt (Kap. 10).

1. "Ackerbaugebiet" (gemäss Tab. 10.1b)

Teil-bereich	Standortmerkmale	Risikostufe mit limitierendem Merkmal
1	normal durchlässig	1
2	mässig tiefgründig; < 10 % Ton im C-Horizont	2U
3	15 - 20 % Neigung; Oberboden gut strukturiert	1

Das höchste Teilrisiko ist 2U. Damit ist die **definitive Risikostufe 2U.**

2. "Futterbaugebiet" (gemäss Tab. 10.1e)

Teil-bereich	Standortmerkmale	Risikostufe mit limitierendem Merkmal
1	stark pseudogleyig	2I
2	ziemlich flachgründig; über 10 % Ton im B-, BC- und C-Horizont	2G
3	10 - 15 % Neigung; Oberboden verdichtet	3N

Das höchste Teilrisiko ist 3N. Damit ist die **definitive Risikostufe 3N.**

3. "Übergangsgebiet, ackerbaubetont" (gemäss Tab. 10.1c)

Teil-bereich	Standortmerkmale	Risikostufe mit limitierendem Merkmal
1	stark gleyig	2F
2	ziemlich flachgründig: über 10 % Ton im B-, BC- und C-Horizont	2G
3	10 - 15 % Neigung; Oberboden humusarm	2N

Alle drei Teilrisiken sind von der Stufe 2. Damit ist die **definitive Risikostufe 2N.**

Wenn mehrere Merkmale die höchste Stufe bedingen (Beispiel 3), wird im Normalfall nach folgender Reihenfolge das am meisten limitierende Merkmal bestimmt: N > F > I > U > G.

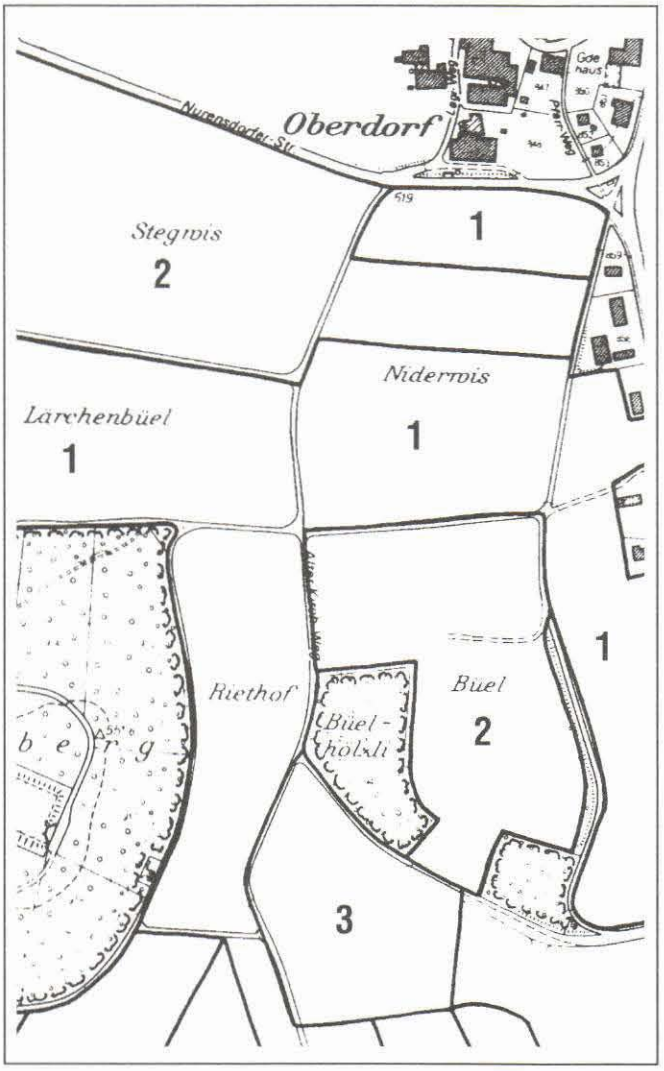
Ausgestaltung der Risikokarte zum praktischen Gebrauch (Kap. 10)

Parzellengrenzen und Bearbeitungsrichtungen verlaufen selten gleich wie Bodengrenzen. Die direkte Umsetzung einer Bodenkarte zu einer Risikokarte ergibt womöglich ein Resultat mit fraglichem praktischen Wert. Wie soll der Landwirt beim Güllen den verschiedenen Risikoteilflächen auf einer Parzelle gerecht werden, und wie soll er auf linsen- oder ringförmige Risikoflächen eingehen? Vermutlich wird der Bauer die Karte eher als zu kompliziert ablehnen, als dass er sie selbst vereinfacht. Eine Vereinfachung und Bereinigung wird folglich die Bereitschaft zur Anwendung der Karte erhöhen.

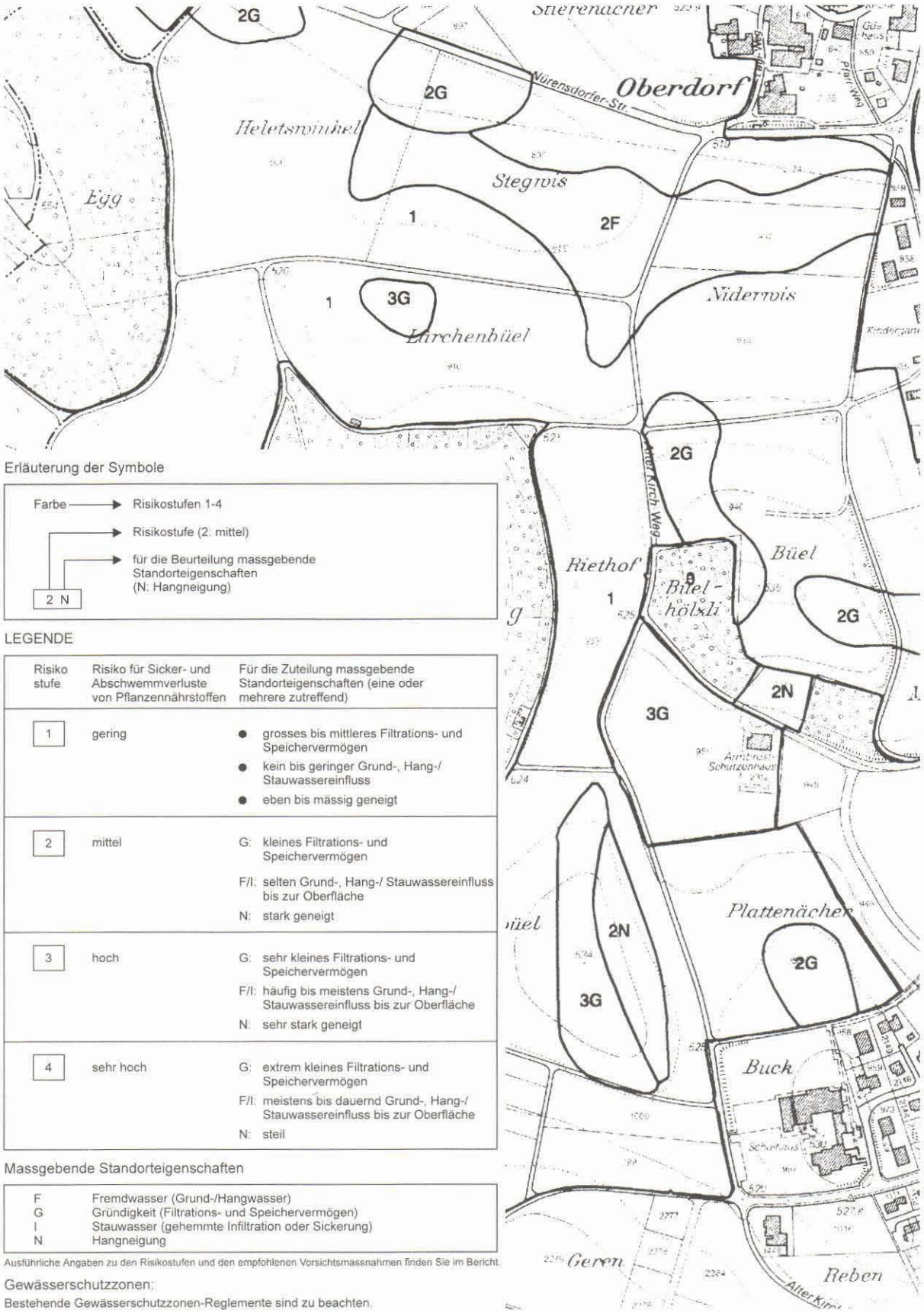
Die Vereinfachung besteht in der Begradigung der Grenzen unter Berücksichtigung von Parzellengrenzen, Bearbeitungsrichtung und Topographie. Kleine "Inseln" anderen Risikos werden vernachlässigt. Bei kleinräumigem Wechsel von verschiedenen Stufen ist eher das grösste Risiko massgebend. Würde eine Grenze mitten durch eine Parzelle laufen, so vereinfache man so, dass die limitierende Stufe flächenmässig eher vergrössert als verkleinert wird.

Dieser Umsetzungsschritt sollte von Fachleuten mit guten Kenntnissen der örtlichen Betriebsverhältnisse (zum Beispiel Betriebsberater, Ackerbaustellenleiter), wenn möglich zusammen mit der Person, die den Boden kartiert hat, ausgeführt werden. Neuere Luftbilder können diese Arbeit unterstützen (Schlageinteilung, Bearbeitungsrichtung, usw.).

Ein Beispiel wie dieser Schritt gemacht werden kann, findet sich in der Abbildung auf dieser Seite.



„Begradigte" Grenzen für den praktischen Gebrauch; Ausschnitt aus der Abbildung Anhang 3, Seite 2.



Erläuterung der Symbole

Farbe → Risikostufen 1-4

→ Risikostufe (2: mittel)

→ für die Beurteilung massgebende Standorteigenschaften (N: Hangneigung)

2 N

LEGENDE

Risiko stufe	Risiko für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen	Für die Zuteilung massgebende Standorteigenschaften (eine oder mehrere zutreffend)
1	gering	● grosses bis mittleres Filtrations- und Speichervermögen ● kein bis geringer Grund-, Hang-/ Stauwassereinfluss ● eben bis mässig geneigt
2	mittel	G: kleines Filtrations- und Speichervermögen F/I: selten Grund-, Hang-/ Stauwassereinfluss bis zur Oberfläche N: stark geneigt
3	hoch	G: sehr kleines Filtrations- und Speichervermögen F/I: häufig bis meistens Grund-, Hang-/ Stauwassereinfluss bis zur Oberfläche N: sehr stark geneigt
4	sehr hoch	G: extrem kleines Filtrations- und Speichervermögen F/I: meistens bis dauernd Grund-, Hang-/ Stauwassereinfluss bis zur Oberfläche N: steil

Massgebende Standorteigenschaften

F	Fremdwasser (Grund-/Hangwasser)
G	Gründigkeit (Filtrations- und Speichervermögen)
I	Stauwasser (gehemmte Infiltration oder Sickerung)
N	Hangneigung

Ausführliche Angaben zu den Risikostufen und den empfohlenen Vorsichtsmassnahmen finden Sie im Bericht.

Gewässerschutzzonen:

Bestehende Gewässerschutzzonen-Reglemente sind zu beachten.

Beispiel einer Risikokarte mit Grenzen, die den Bodengrenzen entsprechen.
Ausgangskarte für Abbildung Anhang 3, Seite 1.

Farbskala für Bodenkarten (Kap. 8.4.1)	WG = Wasserhaushalts-Untergruppen (Kap. 5.3.3)	WS = Wasserfarbe ecoline CdA = Caran d'ache DF = Druckfarben (G gelb, R rot, B blau)

WG: a, b
WS: siena 411
CdA: 65
DF: G50 R30 B10

WG: o, p
WS: broncegrün 657
CdA: 230
DF: G80 R0 B20

WG: c
WS: dunkler ocker: 407
CdA: 35
DF: G40 R10 B0

WG: q, r
WS: tannengrün 654
CdA: 210
DF: G80 R0 B40

WG: d, e
WS: hellgelb 201
CdA: 240
DF: G45 R0 B0

mineralisch

WG: s, t, u
WS: hellblau 578
CdA: 141
DF: G0 R0 B15

organisch

WG:s, t, u
WS: pastellrot 381
CdA: 81
DF: G0 R15 B0

WG: f, g
WS: grün 600
CdA: 249
DF: G50 R20 B40

WG: v, w
WS: hell ultramarin 505
CdA: 131
DF: G0 R0 B30

WG: v, w
WS: pastellrot 381
CdA: 81
DF: G0 R15 B0

WG: h, i
WS: hellgrün 601
CdA: 229
DF: G40 R10 B20

WG: x, y
WS: dunkel ultramarin 506
CdA: 140
DF: G0 R0 B50

WG: x, y
WS: rotviolett 545
CdA: 100
DF: G0 R30 B10

WG: k, l
WS: hellblau-grün 640
CdA: 180
DF: G20 R0 B40

WG: z
WS: preussisch blau 508
CdA: 159
DF: G0 R10 B60

WG: z
WS: rotviolett 545
CdA: 100
DF: G0 R30 B10

WG: m, n
WS: dunkel-grün 602
CdA: 211
DF: G20 R0 B20

nicht kartierte Fläche

Farbskala für Landwirtschaftliche Nutzungseignungskarten

EK = Eignungsklasse (Kap. 9.2.3)
WS = Wasserfarbe ecoline
CdA = Caran d'ache
DF = Druckfarben (G gelb, R rot, B blau)

EK: 1
WS: siena 411
CdA: 49
DF: sepia
G55 R40 B35

EK: 2
WS: dunkler ocker 407
CdA: 65
DF: siena
G50 R30 B10

EK: 3
WS: hellorange 236
CdA: 35
DF: heller ocker
G40 R10 B0

EK: 4
WS: hellgelb 201
CdA: 240
DF: hellgelb
G45 R0 B0

EK: 5
WS: grün 600
CdA: 249
DF: grün
G50 R20 B40

EK: 6
WS: dunkel-grün 602
CdA: 180
DF: hellblaugrün
G20 R0 B40

EK: 7
WS: hellgrün 601
CdA: 230
DF: broncegrün
G80 R0 B20

EK: 8
WS: dunkelgrün 602
CdA: 211
DF: mattgrün
G0 R0 B30

EK: 9
WS: pastellrot 381
CdA: 81
DF: pastellrot
G0 R15 B0

EK: 10
WS: rotviolett 545
CdA: 100
DF: rotviolett
G0 R30 B10

nicht kartierte Fläche

Farbskala für Risikokarten: Sicker- und Abschwemmverluste

RS = Risikostufe (Kap. 10)
WS = Wasserfarbe ecoline
CdA = Caran d'ache
DF = Druckfarben (G gelb, R rot, B blau)

RS: 1
WS: tannengrün 654
CdA: 210
DF: tannengrün
G80 R0 B40

RS: 2
WS: hellgrün 601
CdA: 230
DF: broncegrün
G80 R0 B20

RS: 3
WS: hellgelb 201
CdA: 240
DF: hellgelb
G45 R0 B0

RS: 4
WS: rotviolett 545
CdA: 100
DF: rotviolett
G0 R30 B10

nicht kartierte Fläche

Hangneigung, Mechanisierung und Nutzungseignung

Die nachfolgende Tabelle stellt einen Zusammenhang zwischen Hangneigungsbereichen, den Möglichkeiten des Maschineneinsatzes und der Nutzungseignung dar. Dieser Zusammenhang ist für die Interpretation der Bodenkarten, wie sie in den Kapiteln 9 und 11 behandelt wird, von Bedeutung.

Hangneigung	*0 bis 10%*	*10 bis 15%*	*15 bis 25%*	*25 bis 35%*
Ackerbau				
- Hackfruchtbau	ohne wesentliche Einschränkungen	erschwert	stark erschwert	
	Vollerntemaschinen		einfache Ernte-maschinen	
- Getreidebau	ohne wesentliche Einschränkungen	leicht erschwert	erschwert	sehr stark erschwert
	Mähdrescher		Hangmähdrescher	
- Kunstfutterbau	ohne wesentliche Einschränkungen	ohne wesentliche Einschränkungen	erschwert	stark erschwert
	Normaltraktor mit Ladewagen			Allradtraktor mit Ladewagen
Naturfutterbau bis 35% Neigung				
- Mähwiese	ohne wesentliche Einschränkungen	ohne wesentliche Einschränkungen	leicht erschwert	erschwert
	Normaltraktor mit Ladewagen			Allradtraktor mit Ladewagen Zweiachsmäher
- Weide	Grossviehweide (Kühe)	Grossviehweide (Kühe)	Grossviehweide (Kühe)	Grossviehweide (Kühe)

Hangneigung	*35 bis 50%*	*50 bis 60%*	*60 bis 75%*	*über 75%*
Naturfutterbau ab 35% Neigung				
- Mähwiese	stark erschwert	stark erschwert	sehr stark erschwert	extrem erschwert
	Transporter			
	Zweiachsmäher		Bergmäher	
- Weide	Gross- und Jungviehweide (Rinder)	Jungvieh-weide (Rinder)	Kleinvieh-weide (Schafe, Ziegen)	Kleinvieh-weide (Schafe, Ziegen)

Angaben für normal befahrbares Gelände (gute Tragfähigkeit, ohne Hindernisse)
In Absprache mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon; Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues, Zürich-Reckenholz

Vom *Reinen Bodenwert* zum *Bonitierungswert*

Die nachfolgende Darstellung erläutert, wie bei Güterregulierungsverfahren der Bonitierungswert aus dem *Reinen Bodenwert* (Kap. 11) hergeleitet wird.

REINER BODENWERT = BODENPUNKTZAHL (Potentielle pflanzenbauliche Fruchtbarkeit)	WERT A
HANGABZUG IN % VON WERT A (Betriebswirtschaftliche Mehraufwendungen)	- WERT B
HANGBEREINIGTER BODENWERT	= WERT C
DISTANZABZUG IN % von WERT C (Betriebswirtschaftliche Mehraufwendungen)	- WERT D
ÜBRIGE ABZÜGE (Grundstückform, Grundstückgrösse, Waldrand)	- WERT E
	= BONITIERUNGSWERT

Glossar		**Kapitel**
Arbeitslegende	In der Arbeitslegende sind *alle Bodeneinheiten codiert* aufgelistet, die im Laufe der Kartierarbeit aufgetreten sind. Zumeist sind die Bodeneinheiten darin nach Wasserhaushalts(unter)gruppen sortiert. Die Arbeitslegende entsteht zu Beginn aus dem Bodeninventar und wird im Laufe der Kartierarbeit um die neu angetroffenen Einheiten erweitert.	7.2, 7.3 8.1
Bodenprofilwert	Der Bodenprofilwert entspricht dem Wert eines Bodens in einer Wertskala von 1 bis 100 Punkten bei landwirtschaftlicher Nutzung. Dabei wird vorausgesetzt, dass keine anderen Einschränkungen, zum Beispiel durch Relief oder Klima vorliegen (→ *Bodenpunktzahl).*	11, Anhang 1
Bodenpunktzahl (=*Reiner Bodenwert*)	Bei Güterregulierungen wird zur Festlegung des Wertes einer (Teil-)Parzelle eine Punktierung der Flächen im Bereich zwischen 1 und 100 vorgenommen. Mit der Bodenpunktzahl werden sowohl der Bodenaufbau allein (→ *Bodenprofilwert*) als auch Klima- und Reliefeigenschaften berücksichtigt. Die Hangneigung als Kostenfaktor bei der Arbeitserledigung wirkt sich erst im *Bonitierungswert* aus.	11, Anhang 1
Bonitierungswert	Ausgehend von der *Bodenpunktzahl* (= Reinem Bodenwert) legt die Bonitierungskommision den Austauschwert einer (Teil-)Parzelle fest. Bewirtschaftungserschwerende Merkmale der Parzelle, wie Hangneigung, Distanz und Höhenunterschied zum Zentrum, fixe Hindernisse usw., führen zu Abzügen vom Reinen Bodenwert und ergeben schliesslich den Bonitierungswert (= Tauschwert).	Anhang 6
Eignungsklasse	Die Eignungsklasse eines Standortes zeigt, welche landwirtschaftlichen Nutzungsformen als geeignet betrachtet werden. Dabei ist eine nachhaltige Nutzung des Standortes oberstes Ziel.	9.2 ff
Fruchtbarkeitsstufe	Die Fruchtbarkeitsstufe eines Standortes gibt sowohl über das Ertragspotential wie auch über die Vielfalt der Nutzungsmöglichkeiten Auskunft. Die acht Stufen sind so umschrieben, dass sie auch den quantitativen Rahmen für *Bodenprofilwert* und *Bodenpunktzahl* bilden.	11, Anhang 1
Kartencode	Zur thematischen Bezeichnung der Karten-Teilflächen wird den Bodeneinheiten der Kartenlegende ein möglichst kurzer Code (vierstellig) zugeordnet.	8.2

Glossar (Fortsetzung)

		Kapitel
Kartenlegende	Die Bodenkartenlegende entsteht durch Überarbeitung der Arbeitslegende; Hauptziel ist die Vereinfachung der Legende und gute Darstellbarkeit der Ergebnisse auf der Karte. Der Code wird zur besseren Lesbarkeit durch Text ergänzt. Umfangreiche Legenden können in dieser detaillierten Form dem Erläuterungsbericht beigefügt werden; auf der Karte genügt dann eine Kurzlegende mit Codes.	8.3
Landwirtschaftliches Nutzungsgebiet	Die Schweiz wird gemäss klimatischer Grundlagen in sechs landwirtschaftliche Nutzungsgebiete unterteilt. Die klimatische Eignung für eine landwirtschaftliche Kulturart wird innerhalb eines Nutzungsgebietes als einigermassen gleichbleibend beurteilt.	9.2 10, 11
Limitierung	Ein Merkmal des Bodens, der Topographie oder des Klimas kann an einem bestimmten Standort so ausgeprägt sein, dass es die Nutzung einschränkt. Das Merkmal ist dann an diesem Standort *limitierend*. Auf den Interpretationskarten (Eignung, Risiko) wird die hauptsächliche Limitierung codiert angegeben.	4.2 9, 10, 11

Weitere Begriffe aus dem Gebiet der Bodenkartierung sind in Kap. 7.3 definiert.