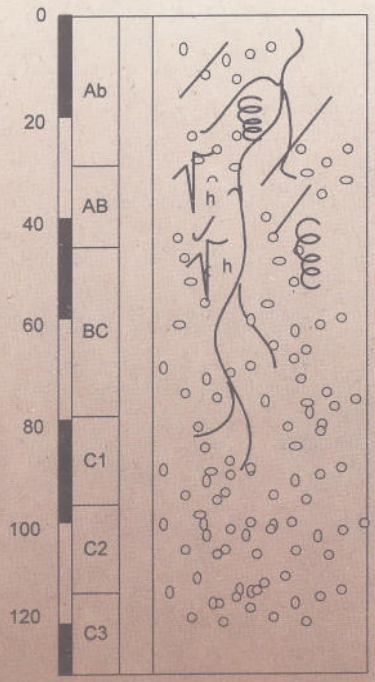
Baudirektion des Kantons Zug
AMT FÜR UMWELTSCHUTZ

# BODENKARTE DES KANTONS ZUG 1:5000

# LEITFADEN FÜR DIE BENÜTZER DER BODENKARTE




NOVEMBER 1998
AGBA AG Ebikon

## IMPRESSUM


| | |
|---|---|
| Herausgeber: | Amt für Umweltschutz<br>Aabachstr. 5<br>Postfach<br>6301 Zug<br>Tel. 041/728 33 44<br>Fax 041/728 33 79 |
| Herausgabe: | 1998 |
| Bearbeitung: | M. Jozic, AGBA AG/AgroLab AG, Ebikon |
| Umschlagsbild: | Tiefgründige Braunerde |

# VORWORT

In einer Handvoll fruchtbaren Bodens gibt es mehr Lebewesen als Menschen auf der Erde. Doch für uns ist der Boden einfach Dreck, der an den Schuhen klebt, ein Produktionsmittel, das es maximal zu nutzen gilt. Der Boden ist das Material, in dem Pflanzen wachsen, das ihnen Nährstoffe und Halt verleiht – eine komplizierte Mischung aus verwitterten Gesteinen, lebenden und toten Organismen, Wasser und Luft. Jedes Stück Boden ist einzigartig, denn menschliche Eingriffe, Wasser, Klima und Pflanzenwuchs haben viele unterschiedliche Bodentypen im Laufe der Zeit geschaffen. Der Boden ist unsere Lebensgrundlage und erfüllt vielfältige Funktionen. Nutzen wir ihn so, dass wir ihn unseren Kindern fruchtbar weitergeben können.

Eine standortgerechte Nutzung des Bodens setzt vertiefte Kenntnisse voraus, die uns Bodenkarten liefern können. Diese geben Auskunft über die Bodenverhältnisse einer bestimmten Region oder Landschaft und beschreiben die verschiedenen Bodentypen. Neben wichtigen Bodeneigenschaften enthalten sie auch Angaben über das Ausgangsmaterial und die Bodenentwicklungsprozesse.

Die Bodenkarte umfasst das gesamte landwirtschaftliche Nutzland des Kantons Zug und zielt auf verschiedene Bereiche ab. Die mit der Bodenkarte erarbeiteten Grundlagen und die Interpretationskarte sollen die Landwirtschaft in ihrem Bestreben unterstützen, die Anforderungen von Ökonomie und Ökologie bei der Nutzung und Düngung noch besser in Einklang zu bringen. Deshalb hoffen wir, dass Landwirte in allen Fragen im Zusammenhang mit dem Boden vermehrt auf diese Hilfsmittel zurückgreifen. Der Leitfaden soll bei der praktischen Anwendung nützlich sein.

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Dr. Rainer Kistler, Amtsleiter

# INHALTSVERZEICHNIS

1. WIESO EIN LEITFADEN ..... 5

2. BODEN - ENTSTEHUNG, EIGENSCHAFTEN ..... 5

2.1 Definition ..... 5

2.2 Entstehung ..... 5

- 2.21 Bodenbildungsfaktoren ..... 6

*2.211 Klima ..... 6*

*2.212 Muttergestein ..... 7*

*2.213 Relief und Grundwasser ..... 9*

*2.214 Lebewesen ..... 9*

*2.215 Zeit ..... 9*

- 2.22 Bodenbildungsprozesse ..... 9

*2.221 Verwitterung ..... 9*

*2.222 Verlagerung ..... 10*

*2.223 Humusbildung ..... 10*

*2.224 Gefügebildung ..... 10*

2.3 Bodenkörper und seine Eigenschaften ..... 11

- 2.31 Die feste Bodenphase ..... 11

*2.311 Tonminerale der Böden ..... 13*

*2.312 Oxide und Hydroxide im Boden ..... 13*

*2.313 Organische Substanz ..... 13*

- 2.32 Flüssigphase (Bodenwasser) ..... 15
- 2.33 Bodenluft ..... 15

2.4 Physikalisch-chemische Eigenschaften des Bodens ..... 16

3. BODENKARTE DES KANTONS ZUG 1:5000 ..... 19

3.1 Definition und Darstellung ..... 19

3.2 Methode der Kartierung ..... 19

3.3 Ergebnis der Kartierung ..... 21

- 3.31 Aufbau der Legende der Bodenkarte ..... 21
- 3.32 Einteilung und Ausdehnung ..... 23
- 3.33 Profilaufnahmen der wichtigsten Böden ..... 26

4. INTERPRETATIONSKARTEN ..... 28

4.1 Kriterien ..... 29

- 4.11 Karte der landwirtschaftlichen Nutzungseignung ..... 29
- 4.12 Einschränkende Standorteigenschaften ..... 32

4.2 Weitere Interpretationsmöglichkeiten der Bodenkarte ..... 34

5. VORGEHEN FÜR DIE NUTZUNG DER BODENKARTE ..... 35

5.1 Landwirtschaft ..... 35

5.2 Melioration ..... 39

5.3 Umweltschutz ..... 40

5.4 Raumplanung ..... 42

5.5 Naturschutz ..... 43

5.6 Schatzung / Steuern ..... 43

6. RÜCKBLICK UND AUSBLICK ..... 44

7. GLOSSAR ..... 46

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Bodenentstehung ..... 6
Abbildung 2: Wasserbilanz ..... 7
Abbildung 3: Vereinfachte geologische Gliederung des Kt. Zug (Flächenausdehnung) ..... 8
Abbildung 4: Bodenphasen ..... 11
Abbildung 5: Körnungsdiagramm ..... 12
Abbildung 6: Böden nach Tongehalt ..... 12
Abbildung 7: Einteilung der Böden nach dem Gehalt an organischer Substanz bzw. Humus ..... 14
Abbildung 8: Säuregrad, pH-Wert ..... 18
Abbildung 9: Ablauf der Kartierung ..... 20
Abbildung 10: Kurzlegende zur Bodenkarte 1:5000 ..... 24
Abbildung 11: Braunerde (bB18), Bodenprofil ZG 82 ..... 26
Abbildung 12: Buntgley (vW23), Bodenprofil ZG 87 ..... 26
Abbildung 13: Halbmoor (tN1), Bodenprofil ZG 80 ..... 27
Abbildung 14: Regosol (eO7p), Bodenprofil ZG 31 ..... 27
Abbildung 15: Rohkarte Nutzungseignung mit limitierenden Eigenschaften ..... 29
Abbildung 16: Beurteilung der Hangneigung ..... 30
Abbildung 17: Landwirtschaftliche Nutzungseignung, Flächenanteile der Eignungsklassen und -gruppen im Kt. Zug ..... 31
Abbildung 18: Benützer der Bodenkarte ..... 35
Abbildung 19: Kalkbedarf ..... 38
Abbildung 20: P-Gehalte im A- und B-Horizont ..... 39

# LITERATURVERZEICHNIS

AGBA AG, Arbeitsgemeinschaft Beratender Agronomen, Ebikon: Bodenkarte und Karten der Landwirtschaftlichen Nutzungseignung der Teilberichte (1-6)

Baden/Kuntze/Niemann/Schwerdtfeger/Vollmer: Bodenkunde; Ulmer Verlag, 1969

H.P. Blume: Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und -belastung, vorbeugende und abwehrende Massnahmen; ecomed Verlag, 1990

Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL, Reckenholz: Bodenkartierung Baselland, einzelne Gemeindeberichte

Dr. Jürg Herz: Atmosphärische Säureeinträge in Böden der Schweiz (Bulletin 15, Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz)

Ulrich Gisi: Bodenökologie; Thieme Verlag, 1990

Jäggli/Furrer/Jäggi: Bodenkunde; Verlag Wirz, 1978

M.A. Koenig: Kleine Geologie der Schweiz: Allgemein verständliche Einführung in Bau und Werden der Alpen; Ott Verlag, 1967

E. Mückenhausen: Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen; DLG-Verlag, 1975

W.H. Mülle, M. Huber, A. Isler, P. Kleboth: Technischer Bericht 84-25: Erläuterung zur «Geologischen Karte der zentralen Nordschweiz 1:100'000»; Nagra, 1984

Heinrich Rid: Das Buch vom Boden; Ulmer Verlag, 1984

Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde; Enke Verlag, 1984

# 1. WIESO EIN LEITFADEN

Eine sehr grosse Vielfalt an Böden, die auch auf kleinem Raum vorkommt, wird bei der Bodenkartierung nach wissenschaftlich abgestützten Kriterien systematisch erfasst und in Form von Bodenkarten dargestellt.

Zu jeder Bodenkartierung wird auch ein Bericht abgeliefert, der sich primär an Fachkundige richtet und von den Laien nur ungenügend verstanden wird. Der vorliegende Leitfaden versucht deshalb, die Bodenkartierung und die Bodenkarte auch den weniger Fachkundigen näher zu bringen.

Der erste Teil geht auf die Entstehung der Böden und ihre Eigenschaften ein. Darauf abgestützt wird das System der Kartierung vorgestellt. Der dritte Teil stellt die Interpretationsmöglichkeiten für verschiedene Benützer dar.

Es bleibt zu hoffen, dass mit diesem Leitfaden das Interesse für den Boden allgemein und für die Bodenkartierung im speziellen bei allen Lesergruppen gesteigert wird.

# 2. BODEN - ENTSTEHUNG, EIGENSCHAFTEN

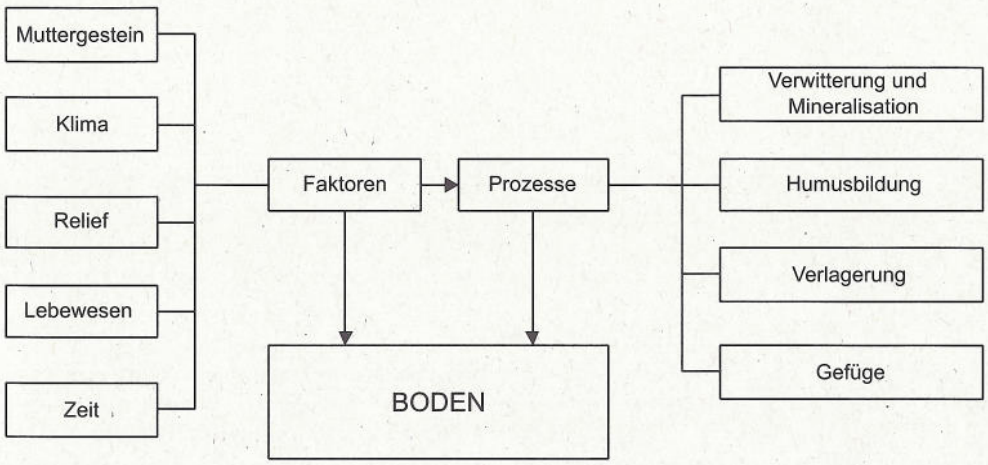
## 2.1 Definition

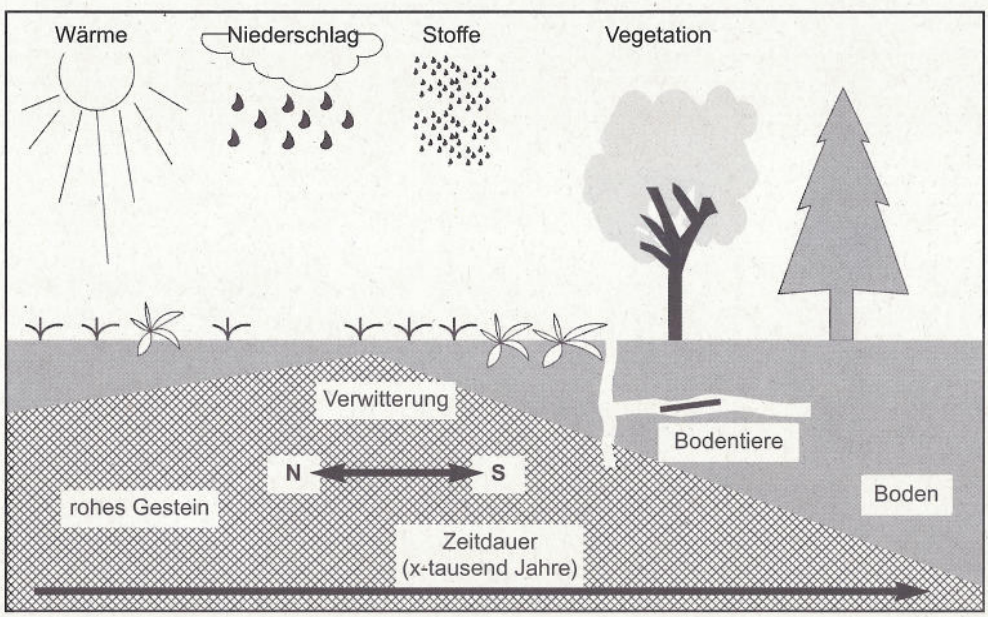
Als Boden wird die äusserste mit Lebewesen durchsetzte Verwitterungsschicht der Erdrinde bezeichnet. Nach unten grenzt er an das Muttergestein und nach oben an die Pflanzendecke und die Atmosphäre. In unserem Klima ist der Boden in seinem natürlichen Zustand mit Pflanzen bewachsen.

## 2.2 Entstehung

Unter der Wirkung verschiedener Faktoren (Muttergestein, Klima, Lebewesen und Relief) laufen im Boden komplexe Prozesse ab, die im Laufe von langen Zeiträumen zur Bildung der Böden führen (Abb. 1).

*Abbildung 1: Bodenentstehung*




Wichtig: Unter Wirkung von gleichen Faktoren aber an räumlich getrennten Standorten entstehen die gleichen Böden. Die Änderung nur eines Faktors führt bereits zur Entstehung eines anderen Bodens.

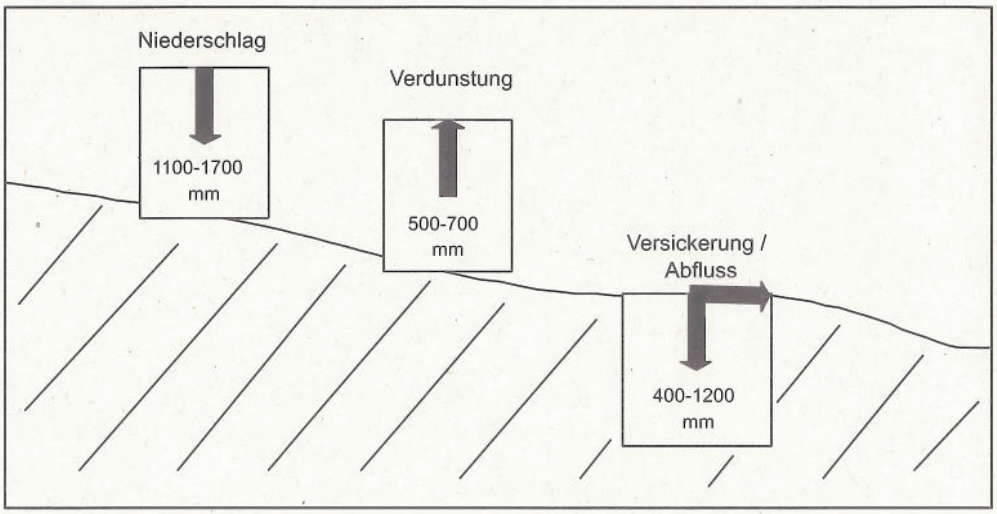
## 2.21 Bodenbildungsfaktoren

### *2.211 Klima*

Das Klima wirkt insbesondere mit Wärme und Wasserhaushalt auf die Bodenbildung ein. Der Kanton Zug zeichnet sich durch ein relativ mildes Klima mit hohen Niederschlägen aus. Der Niederschlag von rund 1100-1700 mm pro Jahr wird nur zum Teil über den Boden (Evaporation) und über die Pflanzen (Transpiration) wieder in die Atmosphäre zurückgeführt (500-700 mm). Der Überschuss an Wasser (400-1200 mm) versickert im Boden oder fliesst oberflächlich ab.

Mit überschüssigem Wasser werden auch hohe Mengen an gelösten Stoffen mittransportiert und verlagert.

*Abbildung 2: Wasserbilanz*




### 2.212 *Muttergestein*

Die chemische und mineralogische Zusammensetzung des Muttergesteins ist für den Ablauf der Bodenentwicklung sehr wichtig.

Die wichtigsten geologischen Elemente des Kantons Zug sind in verschiedenen Zeitperioden entstanden.

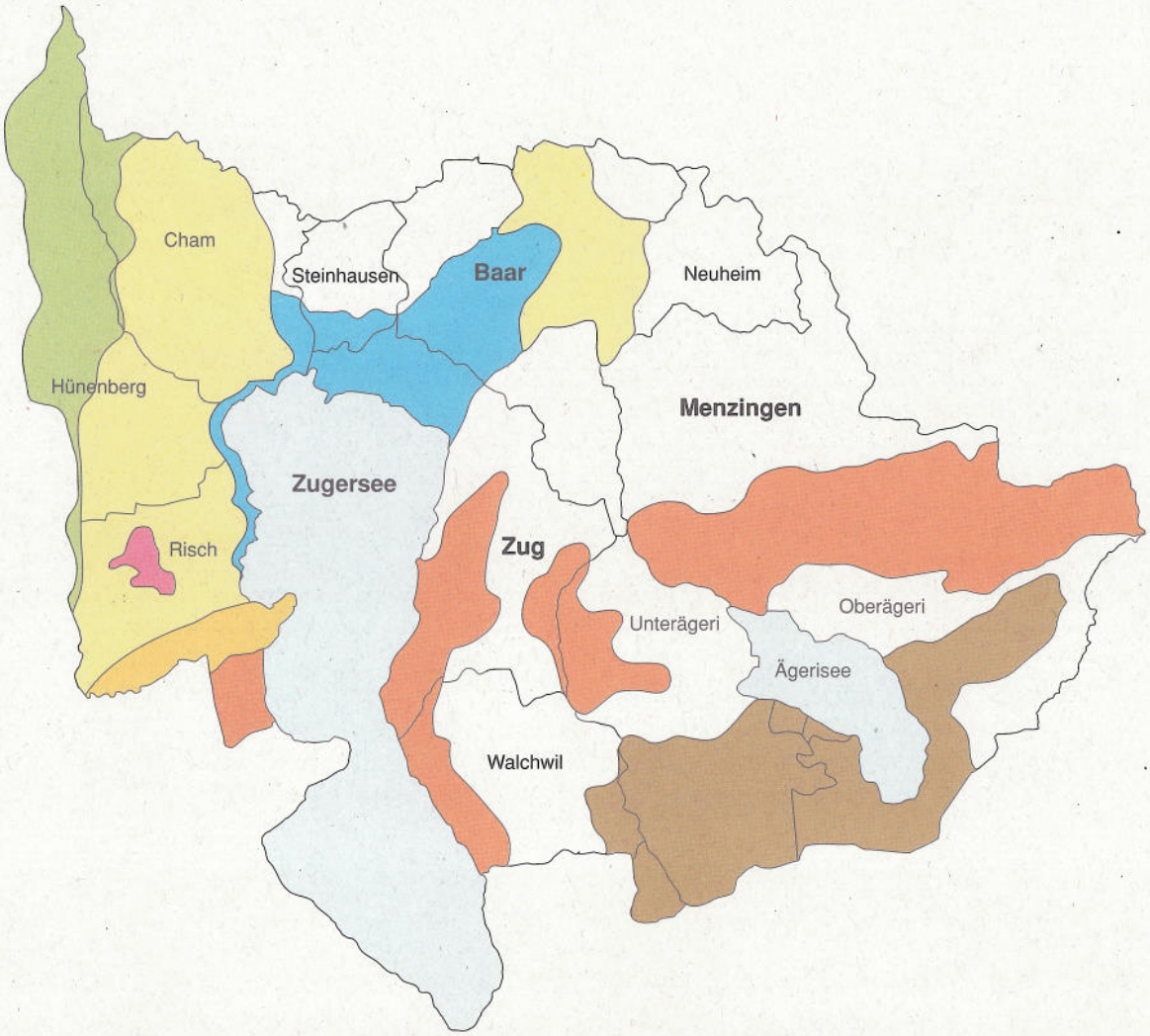
Die Grobform des Kt. Zug ist durch die Entstehung der Alpen (vor 50-70 Mio. Jahre) und durch das dabei im Meer abgelagerte Verwitterungsmaterial der Alpen geprägt (Molasse). Die Molasse besteht meistens aus Nagelfluh, Sandsteinen und Mergel; zum Beispiel: Nagelfluh = Wildspitz, Sandstein = Lothenbachtobel, Mergel = Rossberg.

Die wesentliche Formung der Landschaft fand in Eiszeiten durch die Gletscher statt. Man geht von mindestens 4 Eiszeiten aus. Die letzte, die Würmeiszeit, endete vor rund zehntausend Jahren. Die Ablagerungen der Gletscher, die Moränen, zeichnen sich in der Regel durch «unsortiertes» Material aus; Feinpartikel und Steine sind miteinander vermischt. Typische Moränen sind die Menzinger und Neuheimer Hügel.

In der Nacheiszeit ist die Landschaft hauptsächlich durch Wirkung des Wassers (Erosion, Überschwemmung) geformt worden; zum Beispiel Lorzetal und Reussebene.

Eine vereinfachte geologische Gliederung des Kt. Zug ist der Abbildung 3 zu entnehmen.

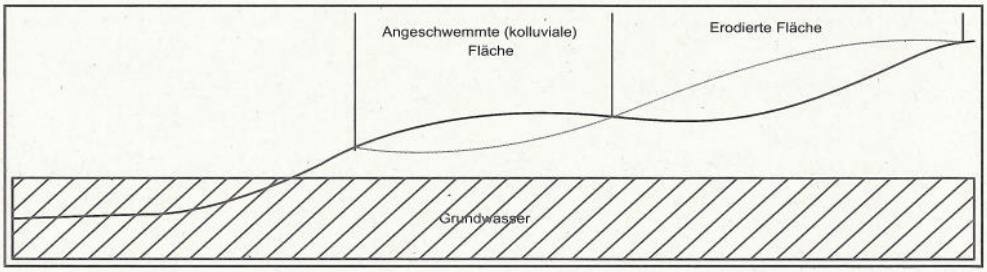
*Abbildung 3: Vereinfachte geologische Gliederung des Kt. Zug (Flächenausdehnung)*
Quelle: R. Hantke, Geologische Karte des Kt. Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50'000, 1967




- **Obere Süsswassermolasse,** Bunte Mergel und Mergelsandsteine, z. T. mit Moräne überdeckt.
- **Obere Meeresmolasse,** Sandsteine mit Mergelzwischenlagen, z. T. mit Moräne überdeckt.
- **Untere Süsswassermolasse,** «Granitische Molasse»: Wechselfolge von Konglomeraten, Sandsteine, und Mergel, z. T. mit Moräne überdeckt.
- **Untere Süsswassermolasse,** Bunte Mergel, dolomitsche Kalksandsteine, Kalknagelfluh, z. T. mit Moräne überdeckt.
- Moränenablagerungen
- Eiszeitliche Seeablagerungen, Deltaablagerungen der Lorze: Wechsellagerung von Ton, Sand und Schluff.
- Postglaziale Reuss-Schotter über Seebodenablagerungen, z. T. mit Auenlehmen überdeckt.

### *2.213 Relief und Grundwasser*

Die Form der Geländeoberfläche und ihre Beziehung zum Grundwasser beeinflussen die Erosion, das Mikroklima, die Vegetation und damit auch die Bodenbildung. Besondere Bedeutung kommt dabei der Erosion zu.




### *2.214 Lebewesen*

Pflanzliche und tierische Lebewesen liefern die organische Substanz, die auf verschiedene Art umgewandelt wird (Tiere, Mikroorganismen) und zur Bildung stabiler Aggregate im Boden beitragen.

### *2.215 Zeit*

Die Bodenbildung braucht viel Zeit. Die Mehrheit der Böden des Kantons Zug sind über Moränen, freigesetzter Molasse und Alluvialablagerungen entstanden. Sie sind somit in der Regel bis zu 10'000 Jahre alt.

## 2.22 Bodenbildungsprozesse

### *2.221 Verwitterung*

Als Verwitterung werden Prozesse verstanden, welche die Gesteine an der Oberfläche zerstören. Es sind physikalische, chemische und biologische Prozesse, die dabei wirksam sind.

Zur physikalischen Verwitterung werden gezählt: Temperatureinwirkung durch Sonnenbestrahlung, Frostverwitterung, Salzsprengung.

Die chemische Verwitterung bedeutet die chemische Zersetzung oder stoffliche Umbildung durch die Stoffe aus der Atmosphäre (Gase, Wasser), Lösungsverwitterung durch die Stoffe der Bodenlösung. Durch die chemische Verwitterung werden auch neue Substanzen wie die Tonminerale gebildet. Die Intensität der chemischen Verwitterung ist von der Konzentration der Wasserstoff(H)-Ionen, der Temperatur, der Feuchtigkeit und dem Zerteilungsgrad der Minerale abhängig.

Als biologische Verwitterung wird die Zerstörung des Gesteins durch Pflanzen und Tiere verstanden. Dabei wird zwischen physikalisch-biologischer (z.B. Sprengwirkung durch Wurzelwachstum) und chemisch-biologischer Verwitterung (z.B. Wurzelsäuren) unterschieden.

### 2.222 *Verlagerung*

Bei den Verlagerungsprozessen unterscheidet man Bodenschichtenverlagerung, Bodenschichtenmischung und Filtrationsverlagerung.

Bei der Bodenschichtenverlagerung wird der Boden durch Erosion abgetragen und an einem anderen Ort wieder abgelagert. Durch ständigen Bodenabtrag wird die Entwicklung von verwitterten Bodenschichten gehemmt, und es entsteht dadurch ein flachgründiger, wenig differenzierter Bodentyp, während am Ort der Ablagerung (z.B. Hangfuss) ein tiefgründiger Boden entsteht.

Die Bodenschichtenvermischung ist vorwiegend auf die Wühltätigkeit der Bodenlebewesen (Bioturbation) zurückzuführen. Dabei wird organisches Material in die Tiefe verlagert, während leicht verwittertes, mineralisches Material in die oberen Schichten gelangt. Den wichtigsten Teil der Arbeit leistet dabei der Regenwurm.

Durch die Filtrationsverlagerung werden gelöste oder suspendierte Stoffe mit Wasser in die Tiefe verlagert oder ausgewaschen. Eine aufwärtsgerichtete Verlagerung erfolgt dort, wo der Grundwasserspiegel und das Kapillarwasser aufsteigen.

### 2.223 *Humusbildung*

Die Ausgangssubstanzen der Humusbildung sind Überreste abgestorbener Pflanzenteile, Tiere und Mikroorganismen. Unter dem Einfluss der Bodenlebewesen, des Wassers und des Sauerstoffes werden diese teils zu mineralischen Verbindungen abgebaut (Mineralisierung) und teils zu Huminstoffen (Humifizierung) umgebaut. Die Humusbildung ist für den Boden von besonderer Bedeutung, insbesondere für den Nährstoff- und Wasserhaushalt sowie für die Gefügebildung.

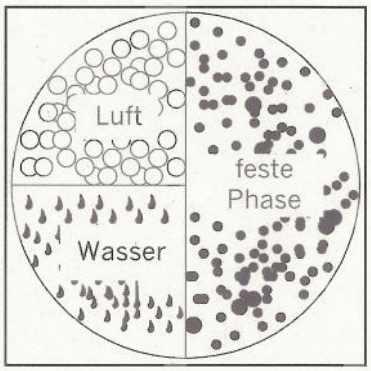
### 2.224 *Gefügebildung*

Unter Bodengefüge (Bodenstruktur) versteht man die Art der räumlichen Anordnung der Mineralpartikel und organischen Stoffe und ihre Verknüpfung zu Aggregaten. Die Gefügebildung ist nicht nur vom Ausgangsgestein sondern auch von den anderen Bodenbildungsprozessen und menschlichen Einwirkungen abhängig. Das Bodengefüge beeinflusst die wichtigen physikalischen Bodeneigenschaften wie den Wärme-, Luft- und Wasserhaushalt sowie die Tragfähigkeit und Erosionsanfälligkeit des Bodens.

## 2.3 Bodenkörper und seine Eigenschaften

Der Boden ist ein Naturkörper, bestehend aus drei Phasen: feste Phase, Bodenwasser und Bodenluft. Der Anteil wie auch die räumliche Verteilung der drei Bodenphasen prägen alle wichtigen Bodenprozesse (Abläufe im Boden).

*Abbildung 4: Bodenphasen*



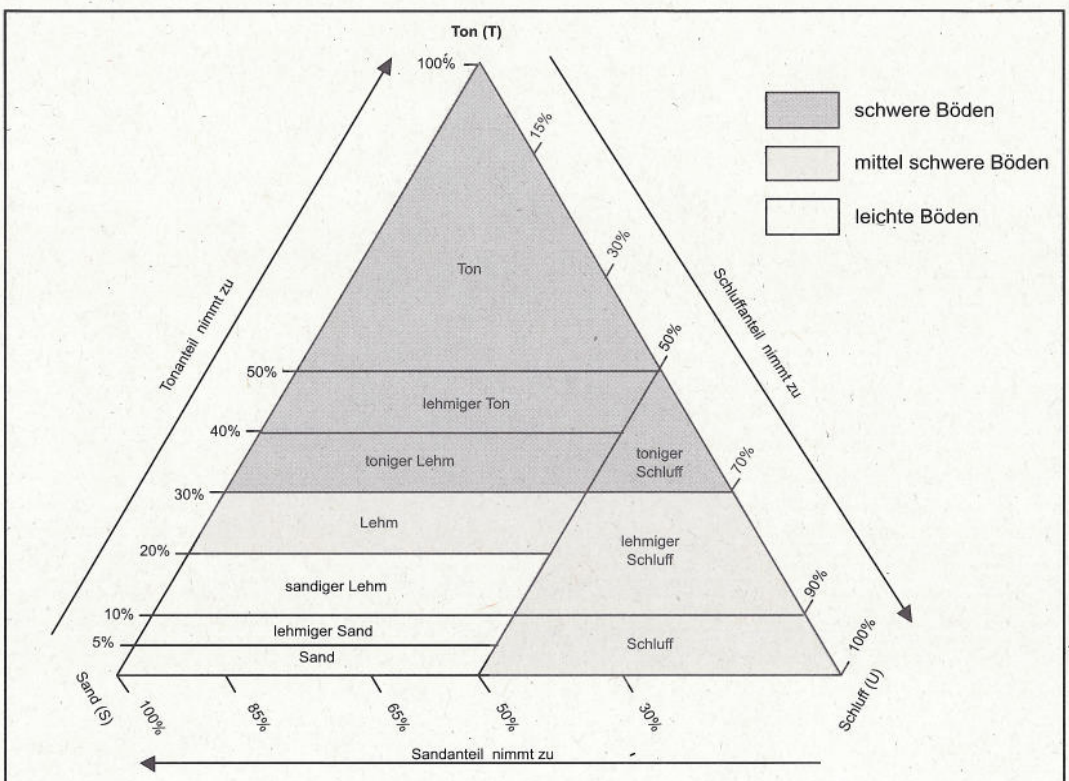

### 2.31 Die feste Bodenphase

Die feste Bodenphase eines auf mineralischem Untergrund entstandenen Bodens wird in einen mineralischen Anteil (90-98%) und einen organischen Anteil (2-10%) gegliedert. Der mineralische Anteil ist je nach Alter des Bodens durch ein bestimmtes Verhältnis zwischen petrogenen (Gestein) und pedogenen (Boden) Bestandteilen charakterisiert. Im Laufe der Bodenbildung nimmt der Anteil der petrogenen Bestandteile ab, jene der pedogenen zu. Weil durch die Verwitterung ein Teil des Ausgangssubstrates gelöst und aus dem Boden ausgewaschen wird, gehen leicht verwitterbare Mineralien, wie Gips oder Calcit, verloren, während sich besonders stabile Minerale (Quarz) mit der Zeit anreichern.

Die feste Phase des Bodens ist ein Gemisch aus Teilchen verschiedener Grösse. Die Teile, die grösser als 2 mm sind, werden als Bodenskelett bezeichnet. Als Feinerde gelten alle Teile, die kleiner als 2 mm sind. Die Feinerde wird nach Korngrösse in drei Fraktionen unterteilt: Ton (< 2 µ), Schluff (2-50 µ), Sand (50-2000 µ).

Die Zusammensetzung der Feinerde bestimmt im wesentlichen die Eigenschaften der Böden. Die Böden werden danach mittels des Körnungsdiagrammes (Abb. 5) in tonige, schluffige, lehmige und sandige Böden sowie verschiedene Zwischenstufen eingeteilt.

*Abbildung 5: Körnungsdiagramm*




Quelle: Kartieranleitung , FAP, Zürich-Reckenholz, 1985, Körnungsdiagramm gemäss Datenschlüssel 4. Diese Einteilung der Körnung wurde für die Bodenkartierung des Kantons Zug verwendet.

*Abbildung 6: Böden nach Tongehalt*

**leichter Boden** ⟷ **schwerer Boden**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tonanteil: | < 20% | 20 - 30 % | > 30% |
| Bezeichnung: | sandiger Boden | Lehmboden | toniger Boden |
| Eigenschaften: | Niedrige Speicherkapazität für Wasser- und Nährstoffe. Neigung zum Austrocknen, niedriges Ertragspotential. Neigung zur Auswaschung der Stoffe. | Günstiges Verhältnis zwischen Luft- und Wasserporen. Günstige Kapazität für Wasser und Nährstoffe. Optimale Voraussetzungen als Pflanzenstandort. | Neigt zur Verdichtung. Wenig Luftporen, wenig Sauerstoff. Viele Nährstoffe und Wasser, aber schlechte Verfügbarkeit für Pflanzen. |

### *2.311 Tonminerale der Böden*

Einen wesentlichen Anteil an den bei der Verwitterung entstandenen Mineralien der Böden bilden die Tonminerale. In unseren Böden sind vorwiegend Dreischichtminerale wie Illite, Vermiculite und Smectite anzutreffen.

> Die Tone sind neben Humus die wichtigsten Teile des Bodens, die besondere Bedeutung für die Verfügbarkeit der Nährstoffe und für die Gefügebildung haben.

### *2.312 Oxide und Hydroxide im Boden*

Zu den typischen Verwitterungsumbildungen im Boden gehören die Oxide und Hydroxide des Aluminiums (Al), Eisens (Fe) und Mangans (Mn). Das Ausmass der Oxidbildung hängt von den Verwitterungsbedingungen ab. Bewirken diese eine rasche Abfuhr von Silicium (Si), so werden vor allem Al- und Fe-Oxide angereichert. Bei weniger rascher Si-Abfuhr herrscht dagegen die Tonmineralbildung vor, die jedoch je nach der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials von der Bildung von Oxiden begleitet wird. Die Eisen- und Aluminiumoxide geben dem Boden die typische Farbe.
Sie besitzen ähnlich wie die Tone eine aktive Oberfläche, die aber positiv geladen ist. Deshalb können sie negativ geladene Nährstoffionen (z.B. Phosphat) anlagern oder Tonteilchen miteinander zu Strukturaggregaten verbinden.

### *2.313 Organische Substanz*

Zur organischen Substanz der Böden gehören alle sich in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe sowie deren organische Umwandlungsprodukte.

Der Abbau der organischen Substanz wird als Zersetzung bezeichnet; die Umwandlung in Huminstoffe als Humifizierung. Als Mineralisierung bezeichnet man einen vollständigen mikrobiellen Abbau zu anorganischen Stoffen wie $CO_2$ und $H_2O$.

Die Böden werden nach Gehalt an organischer Substanz wie folgt eingeteilt:

*Abbildung 7: Einteilung der Böden nach dem Gehalt an organischer Substanz bzw. Humus*

| **Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff** % org. C | **Ungefährer Gehalt an «Humus» (= org. Substanz)** in % | **Bezeichnung** |
|---|---|---|
| < 1.2 | < 2.0 | ha = humusarm |
| 1.2 - 2.9 | 2.0 - 4.9 | sh = schwach humos |
| 3.0 - 5.9 | 5.0 - 9.9 | h = humos |
| 6.0 - 12.0 | 10.0 - 20.0 | hr = humusreich |
| über 12.0 | über 20.0 | H = Humusboden |

Man unterscheidet folgende Humusformen im Boden:

a) Rohhumus
Er wird vorwiegend aus Rückständen von Nadelhölzern und Zwergsträuchern auf nährstoff- und kalkarmen Wald- und Heideböden bei saurer Reaktion gebildet, im Kanton Zug zum Beispiel am Gottschalkenberg.

b) Moder
Er ist eine Zwischenform von Mull und Rohhumus, kann mehr oder weniger zersetzte Pflanzenreste aufweisen, ist locker und kommt vor allem im Wald vor.

c) Mull
Er ist die günstigste Humusform (Schwarzerde, Rendzinen und gute Braunerden). Seine Merkmale:
- genügend Kalkgehalt;
- rege biologische Umsetzung;
- das stark humifizierte organische Bodenmaterial ist durch die Tätigkeit von Bodentieren mit den mineralischen Bestandteilen gut vermischt;
- die reichlich humifizierten Huminsäuren sind mit Tonteilchen verbunden und bilden eine lockere, krümelige Struktur;
- häufigste Humusart in intensiv nutzbaren Böden.

d) Torf
Er ist die charakteristische Humusform der Moorböden, welche mehr als 60% organische Substanz enthält und eine mehr als 40 cm mächtige Humusschicht aufweist. Diese Bodenart findet man im Kanton Zug zum Beispiel im Rothenthurmer Hochmoor oder im Flachmoor Eigenried Walchwil.

## 2.32 Flüssigphase (Bodenwasser)

Als Bodenwasser bezeichnet man den Wasseranteil, der durch Trocknung bei 105 °C aus dem Boden entfernt werden kann. Das Bodenwasser wird über die Niederschläge, das Grundwasser und in geringem Masse über Kondensation aus der Atmosphäre ergänzt. Es enthält stets gelöste Salze und Gase in wechselnden Anteilen und Zusammensetzungen.

Das durch Niederschläge dem Boden zugeführte Wasser wird zum Teil in den Poren gegen die Einwirkung der Schwerkraft festgehalten, zum Teil als Sickerwasser in tiefere Zonen verlagert.

Feldkapazität (FK)
Wenn die Wasserzufuhr nach voller Sättigung des Bodens beendet ist, verändert sich der Wassergehalt im Boden allmählich bis ein gleiches hydraulisches Potential erreicht ist (die Grobporen entwässern sich durch die Gravitationskraft). Der Wassergehalt, bei dem dieser Zustand auftritt, wird als Feldkapazität (FK) bezeichnet. In diesem Zustand sind in der Regel die Poren, die grösser sind als 30-50 µ, wasserfrei und somit mit Luft gefüllt. Das im Boden noch vorhandene Wasser wird mit einer Kraft von > 0.1 bar festgehalten.

Permanenter Welkepunkt (PWP)
Der permanente Welkepunkt im Boden ist erreicht, wenn die Pflanze dem Boden kein Wasser mehr entziehen kann. In unserem Klima entspricht dies in etwa einem Wasserhaltevermögen von 15 bar. Nur die Poren, die kleiner sind als 0.2 µ, sind in diesem Zustand noch mit Wasser gefüllt.

Die Summe der Wasserporen, die zwischen der Feldkapazität und dem permanenten Welkepunkt (0.1-15 bar) liegt, entspricht der Summe des Wassers, das durch die Pflanzen aufgenommen werden kann. Davon kann nur das Wasser, welches mit einer Kraft von 0.1-1 bar festgehalten wird, als für die Pflanzen leicht verfügbar betrachtet werden.

> Gute und fruchtbare Böden zeichnen sich durch hohe Kapazität für pflanzenverfügbares Wasser aus.

## 2.33 Bodenluft

Alle Bodenporen, die nicht mit Wasser gefüllt sind, enthalten Luft. Die Menge der vorhandenen Luft ist vom Wassergehalt und daher von den Wasserhaushalt bestimmenden Bodeneigenschaften abhängig. Einen Anhaltspunkt über die untere Grenze der Luftgehalte gibt die Feldkapazität. Bei der Feldkapazität beträgt das Luftvolumen im Mittel in Sandböden etwa 30-40 %, in Schluff- und Lehmböden 10-25 % und in Tonböden 5-10 % und weniger.

Der Sauerstoffgehalt ($O_2$) in der Bodenluft ist oft geringer als in der Atmosphäre, weil der für die Lebensvorgänge im Boden gebrauchte Sauerstoff nur relativ langsam aus der Atmosphäre ersetzt wird.

Der Kohlendioxid-Gehalt ($CO_2$) der Bodenluft ist in der Regel höher als in der Atmosphäre, weil $CO_2$ bei der Atmung der Wurzeln und der Bodenlebewesen erzeugt wird. Der Wechsel in der Zusammensetzung der Bodenluft beeinflusst sowohl die bakterielle Tätigkeit wie auch die Standortseignung für höhere Pflanzen. Ein Gehalt von 5 % $CO_2$ kann als die obere und 10 % $O_2$ als die untere Grenze bezeichnet werden.

Gute und fruchtbare Böden zeichnen sich nicht nur durch einen ausgewogenen Wasserhaushalt sondern auch durch einen ausgewogenen Lufthaushalt aus. Verdichtete Böden haben einen gestörten Lufthaushalt und damit ungünstige Wachstumsbedingungen für Wurzeln und Bodenlebewesen.

## 2.4 Physikalisch-chemische Eigenschaften des Bodens

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Bodens stehen in Wechselwirkung miteinander. Die wichtigsten dieser Eigenschaften sind Sorption, Kationen- und Anionenaustausch, Reaktion, Pufferung, Redox-Vorgänge sowie Flockung und Peptisation.

Sorption von Wasser und Ionen
Die kleinen Teilchen des Bodens besitzen eine grosse spezifische Oberfläche. Sie vermögen Moleküle und Ionen anzulagern, wobei die Art der Bindung verschieden sein kann (Adsorption und Absorption).

Kationenaustausch
Unter dem Kationenaustausch des Bodens versteht man den Austausch von Kationen zwischen der Oberfläche von Bodenteilchen und der sie umgebenden Bodenlösung.

Die Gesamtheit der sorbierten Kationen wird als Kationen-Austauschkapazität (KAK) bezeichnet und in mmol/z/100 g Boden (mmol durch Wertigkeit durch 100 g Boden; früher mval) ausgedrückt. Der Kationenbelag des Bodens besteht vorwiegend aus folgenden Kationen: $Ca^{2+}$ (Kalzium), $Mg^{2+}$ (Magnesium), $K^+$ (Kalium), $Na^+$ (Natrium), $Al^{3+}$ (Aluminium), $H^+$ (Wasserstoff).

Alle kleinen Bodenteilchen, die des Kationenaustausches fähig sind, werden unter der Sammelbezeichnung Austauscher zusammengefasst. Ihre Austauschkapazität ist sehr verschieden und sieht wie folgt aus:

| Austauscher | KAK mmol/z/100 g Boden |
|---|---|
| Tone: | |
| - Kaolinite | 3 - 15 |
| - Montmorillonite | 80 - 120 |
| - Vermiculite | 100 - 150 |
| - Illite | 20 - 50 |
| Metalloxide | 3 - 25 |
| Feinschluff (2-6 μ) | 15 |
| org. Substanz | 150 - 200 |
| Huminstoffe | 200 - 500 |

Die Kationenaustauschfähigkeit eines Bodens hängt weitgehend von den Huminstoffen, der org. Substanz und den dreischichtigen Tonmineralen ab.

Anionenaustausch

Unter dem Anionenaustausch versteht man den Austausch von Anionen zwischen der Austauschoberfläche und der Bodenlösung. Das setzt voraus, dass die Oberfläche der Austauscher neben den überwiegend negativen auch positive Ladungen besitzt. Diese negativen Austauschplätze können an Tonmineralen, Metalloxiden und organischer Substanz lokalisiert sein. Die Anionen-Austauschkapazität steigt mit fallendem pH, ist also pH-abhängig. Grössere Bedeutung haben die Anionensorption und der Anionentausch in sauren Böden mit hohem Anteil an Metalloxiden wie Pseudogley und Gley. Die Eintauschenergie und die Haftfestigkeit der Anionen hängt von verschiedenen Faktoren ab und sieht wie folgt aus: $NO_3^- < Cl^- < SO_4^{2-} < HPO_4^{2-} < H_2PO_4^-$.

Bodenreaktion

Unter der Bodenreaktion ist die Acidität (saure Wirkung) bzw. Alkalität (alkalische Wirkung) des Bodens zu verstehen, hervorgerufen durch die Menge der vorhandenen $H^+$-Ionen (Wasserstoff) je Liter, d.h. der $H^+$-Konzentration. Sie beruht darauf, dass die Bodenfestsubstanz Protonen in die Bodenlösung abgibt.

Die Messzahl für die $H^+$-Ionen-Konzentration ist der pH-Wert (von potentia hydrogenii), d.h. der negative Logarithmus der H-Ionenkonzentration: je grösser die Konzentration der $H^-$-Ionen, desto saurer der Boden und tiefer der pH-Wert.

Die Böden werden gemäss pH-Wert wie folgt eingeteilt:

*Abbildung 8: Säuregrad, pH-Wert*

| Bezeichnung | pH-Wert ($H_2O$) | pH-Wert ($CaCl_2$) |
|---|---|---|
| sehr stark sauer | < 3.9 | < 3.3 |
| stark sauer | 3.9 - 5.2 | 3.3 - 4.2 |
| sauer | 5.3 - 5.8 | 4.3 - 5.0 |
| schwach sauer | 5.9 - 6.7 | 5.1 - 6.1 |
| neutral | 6.8 - 7.2 | 6.2 - 6.7 |
| alkalisch | > 7.2 | > 6.7 |

Quelle: Klassifikation der Böden der Schweiz, FAP Zürich-Reckenholz

Erläuterung von ($H_2O$) und ($CaCl_2$)
($H_2O$) und ($CaCl_2$) bezeichnen die Lösung, in der der pH-Wert bestimmt wird. Mit einer Kalziumdichloridlösung werden mehr $H^+$-Ionen von der Bodenaustauschoberfläche freigesetzt, als mit einer Wasserlösung. Die Folge davon sind die tieferen pH-Werte als bei der pH-Bestimmung mit einer Wasserlösung

## Pufferung

Mit Pufferung bezeichnet man die Fähigkeit des Bodens, seinen pH-Wert bei plötzlichem Auftreten von $H^+$- oder $OH^-$-Ionen nicht oder nur wenig zu verändern. Im Boden kann durch die schnelle Zersetzung der organischen Substanz kurzfristig eine bedeutende Menge $H^+$-Ionen produziert werden. Ferner bringt Regen $H^+$-Ionen oder Säuren in den Boden. Ebenfalls kann durch die saure oder alkalische Düngung eine Menge $H^+$- bzw. $OH^-$-Ionen in den Boden gelangen. Die damit verbundene plötzliche pH-Änderung wird von den Pufferstoffen des Bodens aufgefangen. Es hängt weitgehend vom Mineralbestand des Bodens ab, welche Pufferreaktionen wirksam werden. Man kann folgende Pufferbereiche unterscheiden:

- *Kohlensäure/Karbonat-Pufferbereich (pH 6.2 - 8.6)*
  Der Boden enthält freie Carbonate (Kalk), durch deren Verwitterung $H^+$-Ionen verbraucht und Hydrogencarbonat sowie Ca- und Mg-Ionen freigesetzt und z.T. ausgewaschen werden (Entkalkung). In diesem Boden-Pufferbereich herrschen optimale Bedingungen für die meisten Bodenorganismen.

- *Silikat-Pufferbereich (pH 5.0 - 6.2)*
  Die Pufferung erfolgt durch die Verwitterung primärer Silikate. Dies bewirkt die Freisetzung von Alkali- und Erdkali-Ionen. In diesem Bereich liegt die optimale Verfügbarkeit von Nährstoffen; Nährstoffverluste durch Auswaschung sind gering.

- *Austauschpufferbereich (pH 4.2 - 5.0)*
  Bei weitgehendem Fehlen primärer Silikate erfolgt die Pufferung hauptsächlich durch Freisetzung von Al-Ionen aus Tonmineralen, Verdrängung von Nährstoff-Kationen (Ca, Mg, K) vom Bodenaustauscher und deren Verlust durch Auswaschung.

- *Aluminium-Pufferbereich (pH 3 - 4.2)*
  Pufferung durch Freisetzung von Al-Ionen aus Silikaten und Al-Oxiden. Hohe Konzentration an H- und Al-Ionen in der Bodenlösung, dadurch Rückgang der Wuchsleistung, eventuell Wurzelschäden bei geringem Nährstoffangebot.

- *Eisen-Pufferbereich (pH < 3.0)*
  Pufferung durch Auflösung von Fe-Oxiden. Starke Wachstumsstörungen mit Wurzelschäden. Auswaschung von Metall-Kationen, dadurch starke Gefährdung des Grundwassers.

Der Wechsel in einen ungünstigen Pufferbereich kann auch kurzfristig und lokal eng begrenzt ablaufen. Entscheidend für eine Änderung ist es, ob die Belastung durch $H^+$-Ionen im Boden oder in Teilbereichen des Bodens höher ist als die Pufferrate.

Die Mehrheit der kartierten Landwirtschaftsböden des Kantons Zug liegen im günstigen Kohlensäure/Carbonat- und Silikat-Pufferbereich. Wenige Böden weisen den etwas ungünstigeren Austausch-Pufferbereich auf. Die ungünstigen Pufferbereiche (Aluminium- und Eisen-Pufferbereich) sind vermutlich nur bei den Waldböden anzutreffen.

# 3. BODENKARTE DES KANTONS ZUG 1:5000

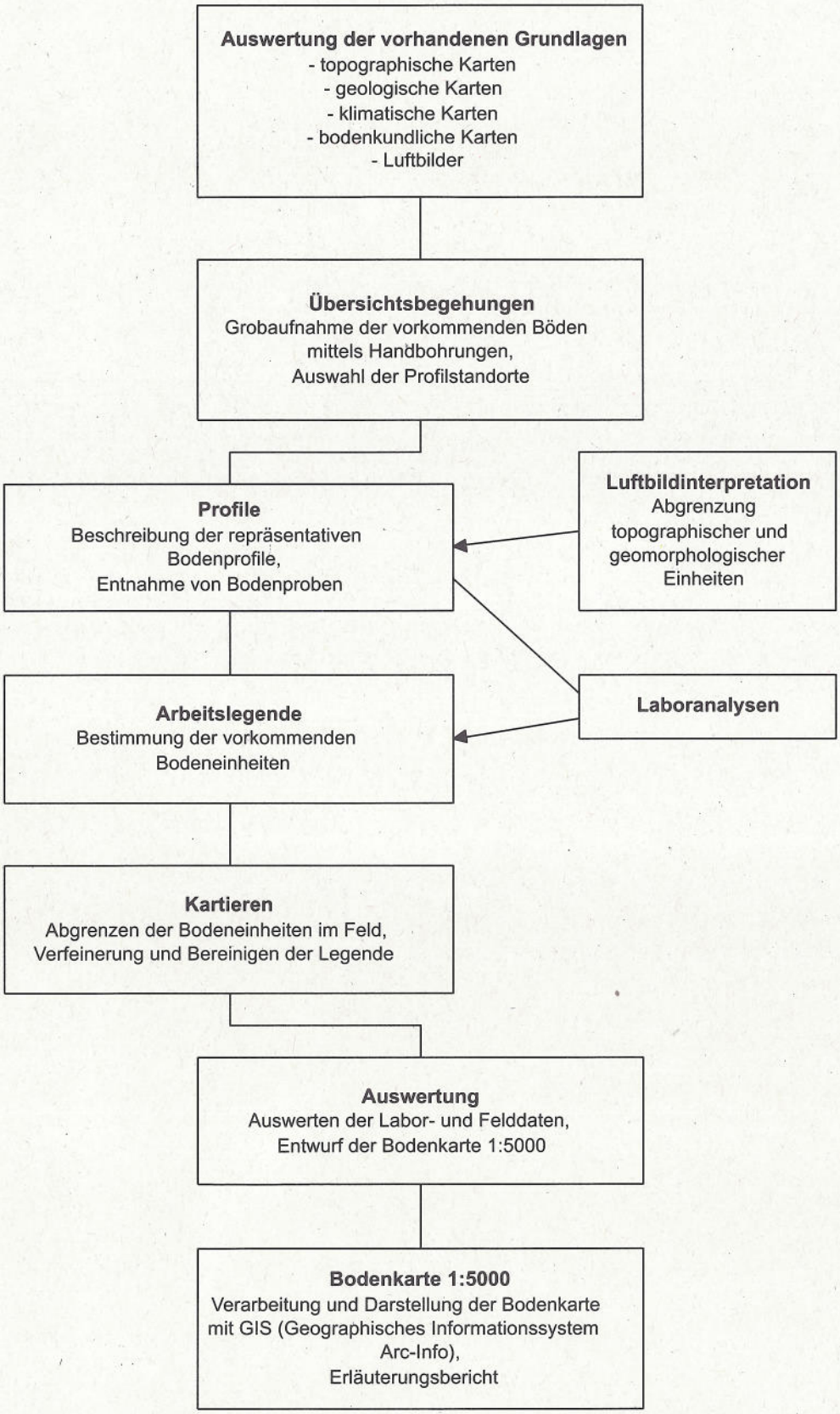
## 3.1 Definition und Darstellung

Die Bodenkarte zeigt die räumliche Verbreitung von Bodeneinheiten (Böden gleichartiger Ausprägung) auf. Sie ist aber nicht nach Bodentypen aufgebaut, sondern nach ökologisch und pflanzenbaulich wichtigeren Kriterien wie Wasserhaushalt und pflanzennutzbare Gründigkeit. Die Farbgebung auf der Karte entspricht also nicht einem bestimmten Bodentyp, sondern einer Gruppe von Bodeneinheiten mit ähnlichem Wasserhaushalt und ähnlicher Gründigkeit (sh. Abbildung 10).

## 3.2 Methode der Kartierung

Das Verfahren der Bodenkartierung lehnt sich im wesentlichen an die Richtlinien für Bodenkartierung der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landwirtschaft (FAL), Zürich-Reckenholz an. Der Ablauf der Kartierung ist der folgenden Abbildung zu entnehmen:

*Abbildung 9: Ablauf der Kartierung*



## 3.3 Ergebnis der Kartierung

### 3.31 Aufbau der Legende der Bodenkarte

Die Karte selber ist mit einer Kurzlegende (sh. Abbildung 10) versehen. Im Anhang des Berichtes zu jeder Kartierungsetappe befindet sich eine detaillierte Legende mit den vollständigen Angaben über alle kartierten Bodeneinheiten.

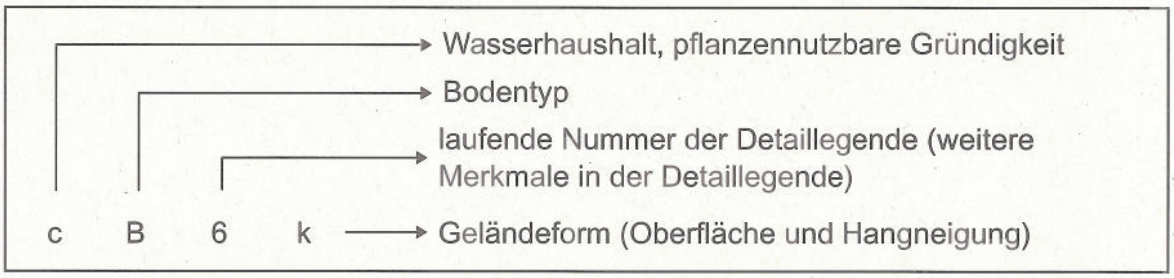
Die dargestellten Bodeneinheiten auf der Karte werden mit einer Farbe und einem Code, bestehend aus Buchstaben und einer Nummer, bezeichnet.

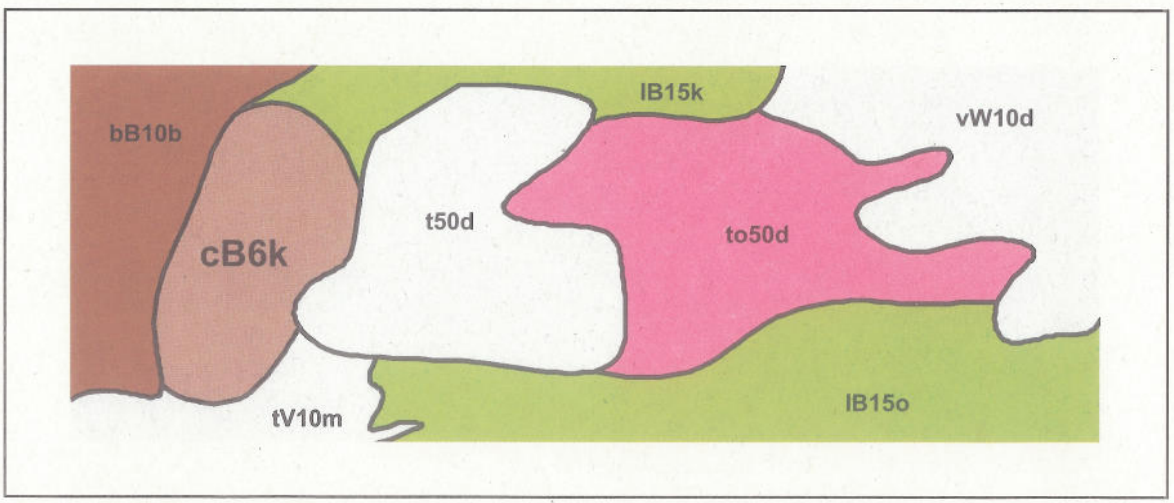
> Die Darstellung und Gliederung der Böden auf der Karte erfolgt nach den wichtigsten Eigenschaften eines Bodens, also nach Wasserhaushalt und physiologischer Gründigkeit.

Bei den Bodeneinheiten wird zwischen **Reinen Bodeneinheiten** und **Zusammengesetzten Bodeneinheiten (Komplexen)** unterschieden. Die «Reinen Bodeneinheiten» sind bodenkundlich homogen und bestehen nur aus einem Bodentyp. Die Komplexe bestehen aus mehreren Bodentypen mit starker Dominanz eines Bodentypes. Die Verflechtung mehrerer Bodentypen auf kleinem Raum erlaubt aus Massstabgründen keine Gliederung der Komplexe in Reine Bodeneinheiten.

Die Symbole der Bodenkarte sehen wie folgt aus:

*Reine Bodeneinheiten*



*Zusammengesetzte Bodeneinheiten (Komplexe)*

Zusammengesetzte Bodeneinheiten können von organischen oder mineralischen Böden dominiert werden. Neben der Farbgebung werden sie daher bei der Bezeichnung des Wasserhaushaltes unterschiedlich beschriftet. Bei Dominanz von mineralischen Böden im Komplex wird der Wasserhaushalt mit einem Kleinbuchstaben bezeichnet (z.B. t) und bei Dominanz von organischen Böden im Komplex wird der Wasserhaushalt mit zwei Kleinbuchstaben bezeichnet, wobei der zweite Kleinbuchstabe immer ein o ist (z.B. to).

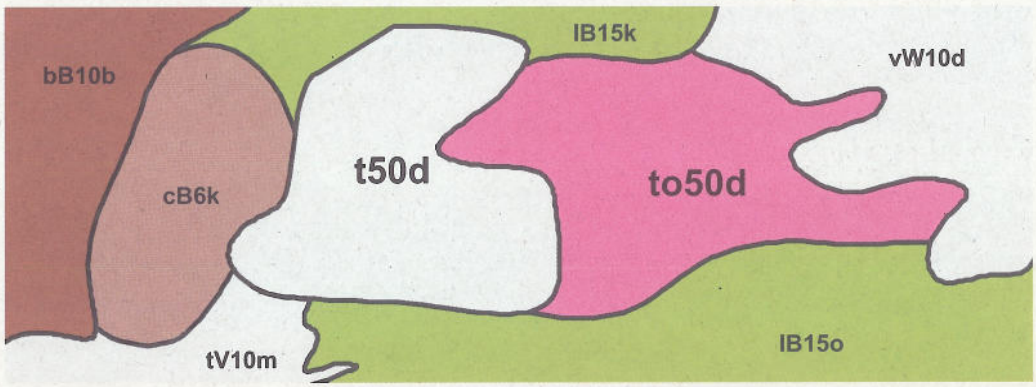
Bezeichnung eines von mineralischen Böden dominierten Komplexes:

t 50 d

→ Wasserhaushalt, pflanzenverfügbare Gründigkeit

→ Laufende Nummer des Komplexes in der Detaillegende

→ Geländeform (Oberfläche und Hangneigung)




Bezeichnung eines von organischen Böden dominierten Komplexes:

to 50 d

→ Wasserhaushalt, pflanzenverfügbare Gründigkeit

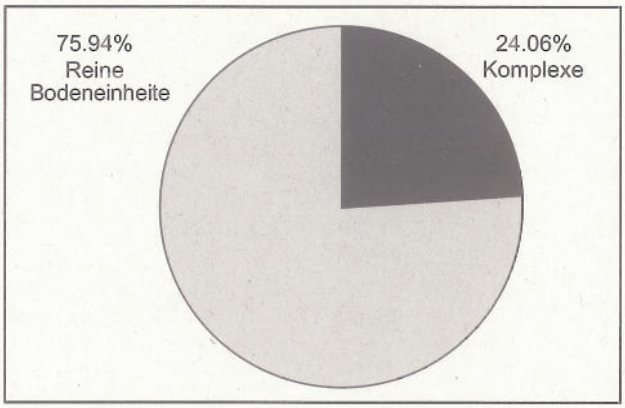
→ Laufende Nummer des Komplexes in der Detaillegende

→ Geländeform (Oberfläche und Hangneigung)

## 3.32 Einteilung und Ausdehnung

Die kartierte Fläche im Kt. Zug setzt sich wie folgt zusammen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kartierte Fläche: | | 10'961.4 ha | = | 100 % |
| davon | Reine Bodeneinheiten: | 8'323.8 ha | = | 75.94 % |
| | Komplexe: | 2'637.6 ha | = | 24.06 % |

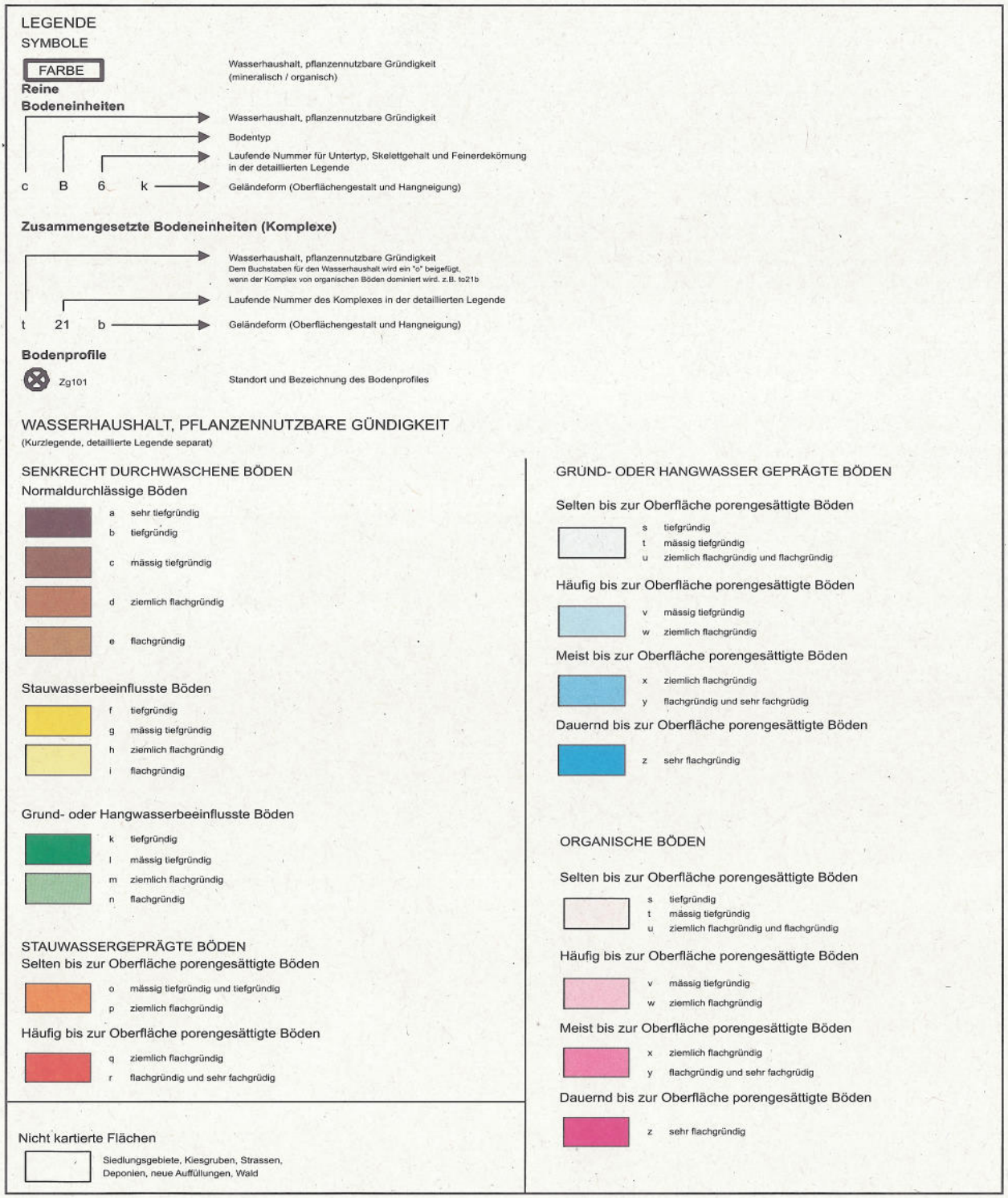



Die Fläche der reinen Bodeneinheiten setzt sich nach Bodentypten wie folgt zusammen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **SENKRECHT DURCHWASCHENE BÖDEN** | | | | |
| (B) | BRAUNERDE | 3'986.8 ha | = | 36.37 % |
| (E) | SAURE BRAUNERDE | 1'249.6 ha | = | 11.40 % |
| (K) | KALKBRAUNERDE | 21.9 ha | = | 0.20 % |
| (O) | REGOSOL (Rohboden) | 246.4 ha | = | 2.25 % |
| (F) | FLUVISOL | 77.2 ha | = | 0.70 % |
| (P) | EISENPODSOL | 0.8 ha | = | 0.01 % |
| **STAUWASSERGEPRÄGTE BÖDEN** | | | | |
| (Y) | BRAUNERDE-PSEUDOGLEY | 200.7 ha | = | 1.83 % |
| (I) | PSEUDOGLEY | 58.5 ha | = | 0.53 % |
| **GRUND- ODER HANGWASSERGEPRÄGTE BÖDEN** | | | | |
| (V) | BRAUNERDE-GLEY | 1'058.5 ha | = | 9.66 % |
| (W) | BUNTGLEY | 661.7 ha | = | 6.04 % |
| (G) | FAHLGLEY | 453.0 ha | = | 4.13 % |
| **ORGANISCHE BÖDEN** | | | | |
| (M) | MOOR | 13.9 ha | = | 0.13 % |
| (N) | HALBMOOR | 133.1 ha | = | 1.21 % |
| (IM) | HOCHMOOR | 6.8 ha | = | 0.06 % |
| **ANTHROPOGENE BÖDEN** | | | | |
| (X) | AUFSCHÜTTUNG/REKULTIVIERUNGEN | 152.6 ha | = | 1.39 % |

Rund 50 % der kartierten Fläche entfällt auf Braunerde und Saure Braunerde, die im allgemeinen als gute Böden zu bezeichnen sind. Rund ein Viertel der Böden können als Pseudogleye, Gleye und Moore, also vernässte und nasse Böden bezeichnet werden.

*Abbildung 10: Kurzlegende zur Bodenkarte 1:5000*

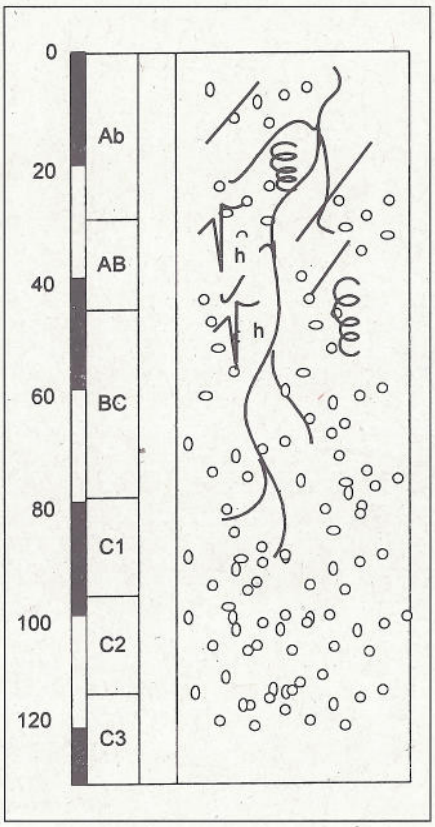


Erläuterungen zur Bodenkarte:

| BODENTYPEN | | GELÄNDEFORM UND NEIGUNG | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Auenboden | a | eben | 0-5% | Ebene, Plateau |
| B | Braunerde | b | gleichmässig geneigt | 5-10% | Ebene, Plateau, Terasse |
| C | Humus-Karbonatgesteinsboden | c | konvex | -10% | Flache Kuppe |
| D | Humus-Mischgesteinsboden | d | konkav | -10% | Flache Mulde |
| E | Saure Braunerde | e | ungleichmässig | 0-10% | (schwach wellig) |
| F | Fluvisol | f | gleichmässig geneigt | 10-15% | Flachhang |
| G | Fahlgley | g | konvex | -15% | Rücken, Kuppe, Oberhang |
| H | Humuspodzol | h | konkav | -15% | Mulde, Hangfuss |
| I | Pseudogley | i | ungleichmässig | 0-15% | (wellig) |
| IM | Hochmoor | j | gleichmässig geneigt | 15-20% | Flachhang |
| J | Karbonatgesteinsboden | k | gleichmässig geneigt | 20-25% | Flachhang |
| K | Kalkbraunerde | l | konvex | -25% | Rücken, Kuppe, Oberhang |
| L | Silikatgesteinsboden | m | konkav | -25% | Mulde, Hangfuss, Hangmulde |
| M | Moor | n | ungleichmässig | 0-25% | (stark wellig, bucklig) |
| N | Halbmoor | o | gleichmässig geneigt | 25-35% | Starkhang |
| O | Regosol | p | konvex | -35% | Rücken , Kuppe, Oberhang, Rippe |
| P | Eisenpodzol | q | konkav | -35% | Hangmulde, enge Mulde, Hangfuss |
| Q | Braunpodzol | r | ungleichmässig | 0-35% | (schwach hügelig) |
| R | Rendzina | s | gleichmässig geneigt | 35-50% | Starkhang |
| S | Humus- Silikatgesteinsboden | t | konvex | -50% | Oberhang, Kuppe, Rippe |
| T | Parabraunerde | u | konkav | -50% | Hangmulde, Hangfuss |
| U | Mischgesteinsboden | v | ungleichmässig | 0-50% | (hügelig) |
| V | Braunerde-Gley | w | gleichmässig geneigt | 50-75% | Steilhang |
| W | Buntgley | x | ungleichmässig | 0-75% | (kupiert) |
| X | Auffüllung | y | gleichmässig geneigt | >75% | Extremer Steilhang |
| Y | Braunerde-Pseudegley | z | ungleichmässig | 0->75% | (zerklüftet) |
| Z | Phaeozem | | | | |

## 3.33 Profilaufnahmen der wichtigsten Böden

*Abbildung 11: Braunerde (bB18), Bodenprofil ZG 82*

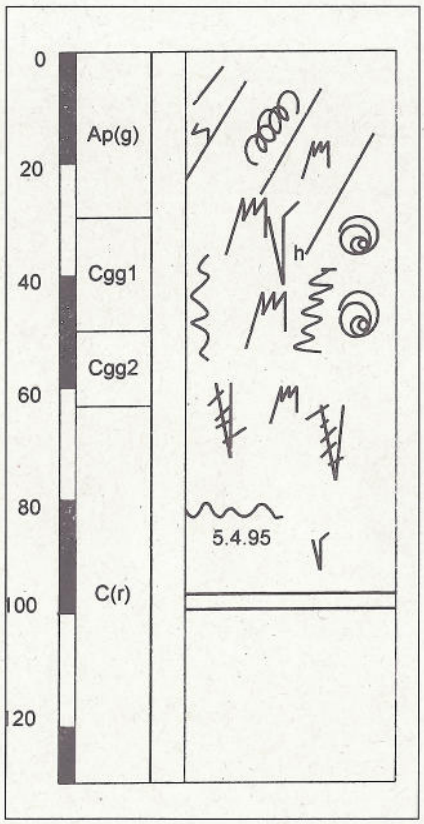



Oberboden (Ap):

| | |
|---|---|
| pH($CaCl_2$): | 5.9 |
| Humus %: | 3.6 |
| Ton %: | 17.2 |
| Schluff %: | 24.7 |
| Sand %: | 58.1 |
| Skelett %: | 15.2 |

Beurteilung:
***Bodentyp:***
Braunerde, schwach sauer, kieshaltig über stark kieshaltig
*Gründigkeit:*
tiefgründig 70-100 cm
*Nutzungsbeschränkung:*
durch Skelettgehalt
*Durchlässigkeit:*
gut
*KAK:*
mässig
*Basensättigung:*
hoch
*Pufferung:*
gut
*Eignung:*
sehr gutes Ackerland

*Abbildung 12: Buntgley (vW23), Bodenprofil ZG 87*

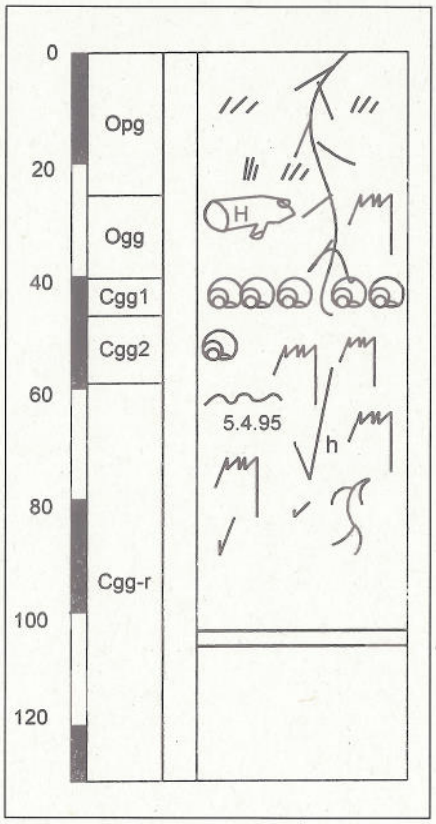



Oberboden (Ap(g)):

| | |
|---|---|
| pH($CaCl_2$): | 7.4 |
| Humus %: | 11.0 |
| Ton %: | 51.8 |
| Schluff %: | 41.9 |
| Sand %: | 6.3 |
| Skelett %: | 1.0 |

Beurteilung:
***Bodentyp:***
Buntgley, sehr stark gleyig, skelettarm, toniger Schluff über sandigem Lehm bis lehmiger Schluff
*Gründigkeit:*
mässig tiefgründig 50-70 cm
*Nutzungseinschränkung:*
Fremdnässe
*Durchlässigkeit:*
gehemmt
*KAK:*
gut
*Basensättigung:*
gut
*Pufferung:*
gut
*Eignung:*
gutes Wies- und Weideland

## Abbildung 13: Halbmoor (tN1), Bodenprofil ZG 80




Oberboden (Opg):

| | |
|---|---|
| pH($CaCl_2$): | 6.8 |
| Humus %: | 29.4 |
| Ton %: | |
| Schluff %: | |
| Sand %: | |
| Skelett %: | 1.0 |

Beurteilung:

***Bodentyp:***
Halbmoor, anthropogen überschüttet auf Seekreide

*Gründigkeit:*
mässig tiefgründig

*Nutzungseinschränkung:*
Bodenart und Fremdnässe

*Durchlässigkeit:*
ab 40 cm gehemmt

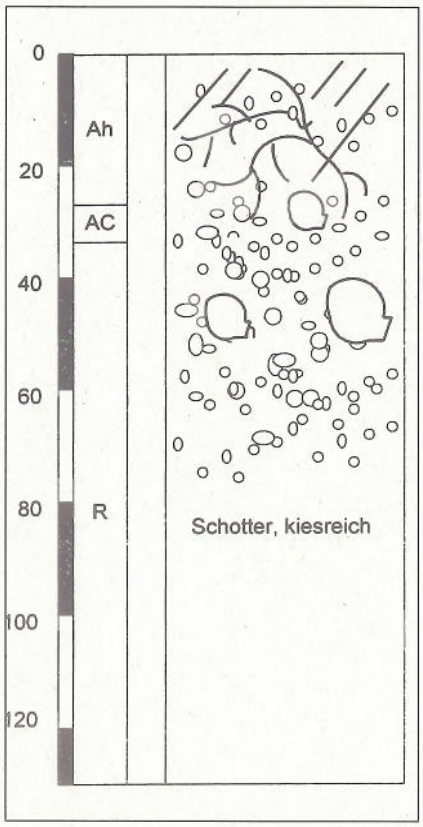
*KAK:*
gut

*Basensättigung:*
gut

*Pufferung:*
gut

*Eignung:*
gutes bis mässig gutes Wies- und Weideland

## Abbildung 14: Regosol (eO7p), Bodenprofil ZG 31




Oberboden (Ah):

| | |
|---|---|
| pH($CaCl_2$): | 6.5-7.0 |
| Humus %: | 3-4 |
| Ton %: | 15-20 |

Beurteilung:

***Bodentyp:***
Regosol, karbonatreich, kieshaltig über kiesreich, sandiger Lehm über lehmiger Sand

*Gründigkeit:*
flachgründig

*Durchlässigkeit:*
sehr hoch

*Basensättigung:*
gut

*Pufferung:*
gut

*Eignung:*
extensives Wies- und Weideland

# 4. INTERPRETATIONSKARTEN

Aufgrund der Merkmale der Bodeneinheiten, die aus der Detaillegende ersichtlich und als solche im EDV-System gespeichert worden sind, kann jede Bodeneinheit nach verschiedenen Kriterien bewertet werden. Damit kann die Bodenkarte zu verschiedenen Interpretationskarten abgeleitet und dargestellt werden wie:

- Karte der landwirtschaftlichen Nutzungseignung
- Karte der Nassstandorte
- Karte der für Erosion und Oberflächenabschwemmung anfälligen Standorte
- Flachgründige Standorte (extensive Nutzung, Gefahr der Auswaschung von Stoffen).

Die Interpretationsmöglichkeiten der Bodenkarte hängen vom Detaillierungsgrad der Legende der Bodenkarte und der Kartierung ab.

Für jede Bodeneinheit der Bodenkarte des Kantons Zug sind in der Detaillegende folgende Angaben und Daten enthalten:

- Bodentyp
- Untertyp (falls vorhanden)
- Geländeform
- Wasserhaushaltsgruppe (a - z)
- Vernässungsmerkmale
- Skelettgehalt
- Körnung (Sand - Lehm)
- pflanzennutzbare Gründigkeit (> 100 bis < 10 cm)

Bei den Bodenkomplexen sind zudem die vorherrschenden Bodentypen angegeben.

Bei den Bodeneinheiten mit Bodenprofilen sind die Nummern der Profile angegeben. Die Profilblätter ihrerseits enthalten Detailangaben über den Aufbau des Profils und die Analysenresultate.

Die umfassende Information über jede Bodeneinheit erlaubt unter Benutzung der Datenbank eine schnelle Selektion der Bodeneinheiten mit den gewünschten Eigenschaften. Die Auswertung kann zudem mit Klimadaten oder anderen raumbezogenen Daten aus anderen Quellen kombiniert werden.

Vor jeder Auswertung müssen zunächst klare Ziele festgelegt und die entsprechende Auswertungsmatrix erarbeitet werden.

## 4.1 Kriterien

Die landwirtschaftliche Nutzungseignung wird durch die Eigenschaften des Bodens, vom Klima und vom Gelände bestimmt. Die Beurteilung erfolgt deshalb unter Berücksichtigung dieser drei Faktoren, wobei jeweils der limitierende Faktor für die Beurteilung bestimmend ist.

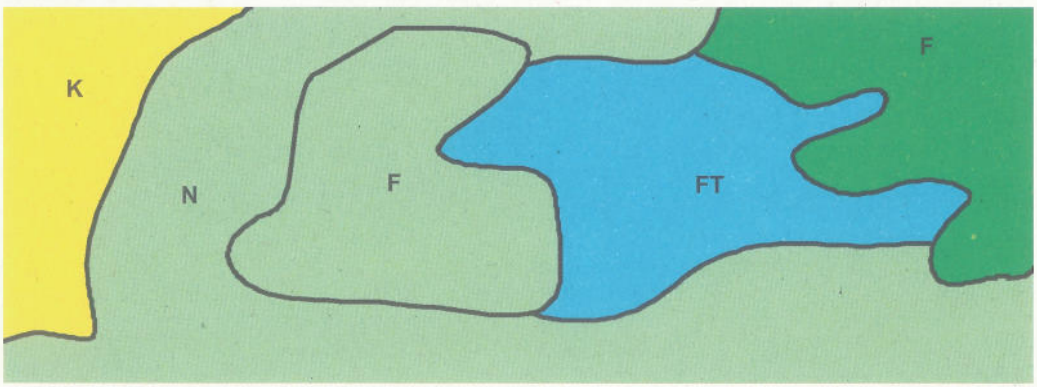
Das Klima wird anhand folgender Grundlagen bewertet:

- Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft 1:200'000
  Quelle: Eidg. Justiz- und Polizeidepartement, Bern, 1977
- Niederschlagshaushalt, Landeskarte der Schweiz 1:500'000
  Quelle: Klimatologie der Schweiz, Schweiz. Meteorologische Zentralanstalt, Zürich, 1965
- Wärmegliederung der Schweiz 1:200'000
  Quelle: Eidg. Justiz- und Polizeidepartement, Bern, 1977

Die Hangneigung und die Oberflächenform (Bodenunebenheiten) werden direkt im Feld bestimmt und in die Legende aufgenommen. Zusammen mit der Tragfähigkeit des Bodens bestimmen sie die Möglichkeiten des Maschineneinsatzes und damit auch im hohen Grade die landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten.

### 4.11 Karte der landwirtschaftlichen Nutzungseignung

*Abbildung 15: Rohkarte Nutzungseignung mit limitierenden Eigenschaften*



Die Bewertung der Hangneigung bezüglich Eignung für die landwirtschaftliche Nutzung sieht wie folgt aus:

*Abbildung 16: Beurteilung der Hangneigung*

| Neigung | Mähwiese | Weide | Kunstfutterbau | Hackfruchtbau | Getreidebau |
|---|---|---|---|---|---|
| bis 10 % | ohne wesentliche Einschränkungen<br>Normaltraktor | Grossviehweide<br>(Kühe) | ohne wesentliche Einschränkungen<br>Normaltraktor | ohne wesentliche Einschränkungen<br>Vollerntemaschinen | ohne wesentliche Einschränkungen<br>Mähdrescher |
| bis 15 % | ohne wesentliche Einschränkungen<br>Normaltraktor | Grossviehweide<br>(Kühe) | ohne wesentliche Einschränkungen<br>Normaltraktor | erschwert | leicht erschwert |
| bis 25 % | leicht erschwert<br>Normaltraktor | Grossviehweide<br>(Kühe) | erschwert<br>Normaltraktor | stark erschwert<br>einfache Erntemaschinen | erschwert<br>Mähdrescher bis ca. 20 % und Hangmähdrescher |
| bis 35 % | erschwert<br>Allradtraktor<br>Zweiachsmäher | Grossviehweide<br>(Kühe) | | | |
| bis 50 % | stark erschwert<br>Transporter<br>Zweiachsmäher | Gross- und Jungviehweide<br>(Rinder) | | | |
| bis 60 % | stark erschwert<br>Transporter<br>Zweiachsmäher | Jungviehweide<br>(Rinder)<br>(Kühe) | | | |
| über 60 % | sehr stark erschwert<br>Bergmäher | Kleinviehweide<br>(Schafe, Ziegen) | | | |

Die Angaben gelten für normal befahrbares Gelände ohne Hindernisse und mit guter Tragfähigkeit.
Quelle: Bodenkarte Luzern, FAP 1988.

Die Karte der landwirtschaftlichen Nutzungseignung ist mit einer Kurzlegende versehen, die drei Eignungsgruppen unterscheidet, nämlich Fruchtfolgeböden, Wies- und Weideland sowie Wies- und Weideland in Grenzlagen. Die Eignungsgruppen sind weiter in Eignungsklassen bzw. Unterklassen gegliedert.

Die folgende Tabelle zeigt die Flächenanteile der einzelnen Eignungsklassen bzw. Eignungsgruppen bzw. Untergruppen:

*Abbildung 17: Landwirtschaftliche Nutzungseignung*
*Flächenanteile der Eignungsklassen und -gruppen im Kt. Zug*

| Eignungsklasse | | Signatur | Fläche ha | Fläche % |
|---|---|---|---|---|
| **FRUCHTFOLGEBÖDEN** | | | **3'189.3** | **29.09** |
| | AUSGEZEICHNETES ACKERLAND | | | |
| 1 | Uneingeschränkte Fruchtfolge 1. Güte | | -- | -- |
| | SEHR GUTES ACKERLAND | | | |
| 2a | Uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte | | 749.6 | 6.84 |
| 2b | Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte | | -- | -- |
| | GUTES ACKERLAND | | | |
| 3a | Getreidebetonte Fruchtfolge 2. Güte | | -- | -- |
| 3b | Futterbaubetonte Fruchtfolge | | 2'440.0 | 22.25 |
| **WIES- UND WEIDELAND** | | | **5'385.7** | **49.13** |
| | AUSGEZEICHNETES WIES- UND WEIDELAND | | | |
| 4a | bis 25% Hangneigung, Ackerbau stark eingeschränkt | | 1'154.8 | 10.53 |
| 4b | bis 35% Hangneigung | | 133.4 | 1.22 |
| | SEHR GUTES WIES- UND WEIDELAND | | | |
| 5a | bis 25% Hangneigung | | 2'218.6 | 20.24 |
| 5b | bis 35% Hangneigung | | 636.9 | 5.81 |
| | GUTES BIS MÄSSIG GUTES WIES- UND WEIDELAND | | | |
| 6a | bis 25% Hangneigung | | 803.9 | 7.33 |
| 6b | bis 35% Hangneigung | | 438.1 | 4.00 |
| **WIES- UND WEIDELAND IN GRENZLAGEN** | | | 1'620.6 | 14.78 |
| | EXTENSIVES WIES- UND WEIDELAND | | | |
| 7a | bis 50% Hangneigung | | 957.4 | 8.73 |
| 7b | über 50% Hangneigung | | 207.7 | 1.89 |
| 8 | NASSES WIESLAND, mehrschnittig | | 340.6 | 3.11 |
| 9 | NASSES WIESLAND, einschnittig | | 115.0 | 1.05 |
| Total Fläche Eignungskarte | | | 10'195.7 | 93.00 |
| Naturschutzgebiete (nicht beurteilt) | | | 765.7 | 7.00 |
| Total kartiere Fläche (Bodenkarte) | | | 10'961.4 | 100.00 |

## 4.12 Einschränkende Standorteigenschaften

Die landwirtschaftliche Nutzungseignung wird neben dem Boden auch durch die Standortfaktoren Klima und Topographie (Hangneigung und Oberflächengestaltung) limitiert.

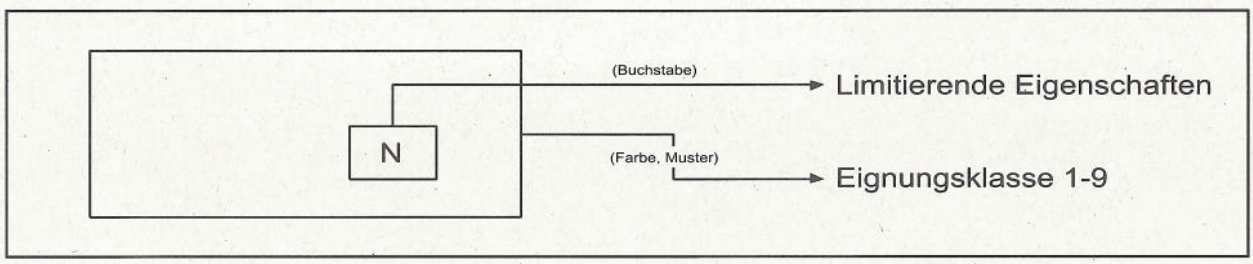
Die Niederschlagsverhältnisse im Kanton Zug schränken den Ackerbau ein.
Daher sind im Kanton Zug keine Flächen folgenden Eignungsklassen (sh. Abbildung 17) zugeordnet:

- Ausgezeichnetes Ackerland (Klasse 1)
  Zuviele Regentage und zu hohe Niederschlagsmengen schränken die Kulturauswahl und die Bearbeitbarkeit des Bodens ein.
- Sehr gutes Ackerland, getreidebetonte Fruchtfolge (Klasse 2b)
- Gutes Ackerland, getreidebetonte Fruchtfolge (Klasse 3a)

Durch die Klimaverhältnisse steigt für ausgesprochen getreidebetonte Fruchtfolgen der Krankheitsdruck, wodurch das Risiko für Ertragseinbussen steigt, bzw. der Aufwand im Pflanzenschutz sich stark erhöht.

Die Karte der landwirtschaftlichen Nutzungseignung ist mit einer Kurzlegende versehen. Auf der Kurzlegende werden die Eignungsklassen (sh. Abbildung 17) mit verschiedenen Farb- und Schraffurkombinationen dargestellt. Auf der Karte der landwirtschaftlichen Nutzungseignung werden die Einheiten gemäss dieser Legende dargestellt. Zusätzlich sind die limitierendesten Standortfaktoren mit Grossbuchstaben in der Einheit enthalten.

*Darstellung der Eignungsklassen*



Für die Bezeichnung der einschränkenden Standorteigenschaften werden folgende Grossbuchstaben verwendet (sh. Abbildung 15):

Standorteigenschaften des Bodens:

A Bodenart (Zusammensetzung der Feinerde)
C Chemismus
F Fremdwasser (Grund-/Hangwasser)
G Gründigkeit (Nutzbarer Wurzelraum)
I Stauwasser (Gehemmte Infiltration oder Sickerung)
S Steingehalt (Skelettgehalt des Oberbodens)
T Torfverzehr/Torfsackung

Standorteigenschaften der Topographie:

L Lage im Relief
N Hangneigung
O Oberflächengestalt (Oberfläche ungegelmässig, wellig, hügelig)

Standorteigenschaften des Klimas:

K Klimatische Lage / Wärmestufe

## 4.2 Weitere Interpretationsmöglichkeiten der Bodenkarte

Unter Benutzung der Detaillegende, der Datenbank und des GIS können beliebige Interpretationskarten erarbeitet werden. Die wichtigsten davon werden kurz erörtert:

– *Flachgründige, senkrecht durchwaschene Böden*

  Die flachgründigen, senkrecht durchwaschenen Standorte liegen in der Regel über Grundwasserträger und stellen insbesondere bei intensiver Nutzung eine erhebliche Gefahr für das Grundwasser dar. Die Speicherkapazität für Wasser und Schadstoffe ist bei solchen Böden sehr niedrig. Das überschüssige Wasser versickert zusammen mit den darin gelösten Stoffen sehr rasch. Die Folge davon sind erhöhte Nitrat- und Pflanzenschutzmittelgehalte im Grundwasser.
  Zunehmende Bedeutung erhalten solche Böden auch im Zusammenhang mit der Ausscheidung von Standorten für extensive Nutzung.

– *Erosionsgefährdete Standorte*

  Auf Grund der Körnung der Böden und deren Topographie lassen sich die Böden bezüglich ihrer Gefährdung durch Erosion klassifizieren. Entsprechende Massnahmen bezüglich Nutzung und Bewirtschaftung können daraus abgeleitet werden.

– *Standorte mit erhöhtem Oberflächenabfluss*

  Die offenen Gewässer im allgemeinen und die Mittellandseen im speziellen sind durch den hohen Eintrag von Phosphaten stark eutrophiert worden. Ein guter Anteil der Phosphate erreicht die Gewässer über den Oberflächenabfluss insbesondere während starken Regenereignissen. Schwere und nasse Böden sowie Böden in steilen Hanglagen sind stark abflussgefährdet.

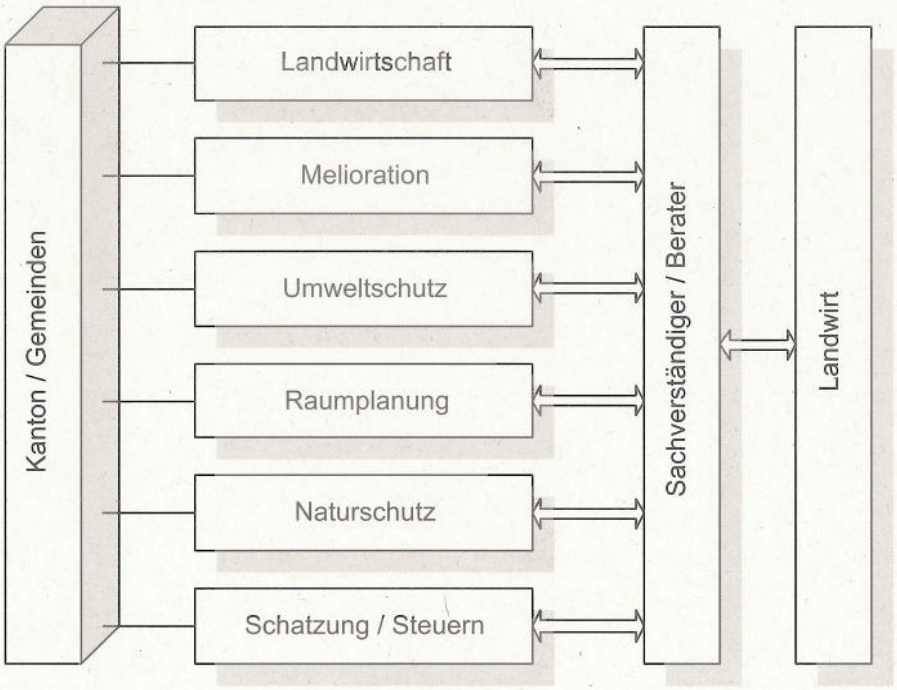
– *Nassstandorte*

  Die naturnahen Standorte werden oft ausschliesslich anhand der pflanzensoziologischen Kartierung ausgeschieden. Unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse können auch potentielle Nassstandorte ausgeschieden werden, die sich für eine Extensivierung eignen.

# 5. VORGEHEN FÜR DIE NUTZUNG DER BODENKARTE

Die Bodenkarte und die darin enthaltenen Informationen können in verschiedenen Bereichen direkt oder in Ergänzung mit zusätzlichen Feldaufnahmen genutzt werden. Im Hinblick auf den sehr komplexen Aufbau der Karte empfiehlt sich, bei ihrer Benützung immer die Dienste der Sachverständigen zu suchen. Der Kreis der potentiellen Benützer der Bodenkarte ist sehr gross. Aus folgender Abbildung 18 sind die verschiedenen potentiellen Benützer ersichtlich.

*Abbildung 18: Benützer der Bodenkarte*




Im folgenden werden die Möglichkeiten der Nutzung der Bodenkarte in den einzelnen Bereichen erörtert und ein geeignetes Vorgehen dafür aufgezeigt.

## 5.1 Landwirtschaft

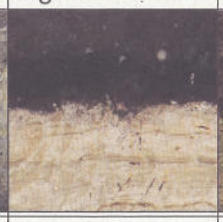
Die Ziele der Landwirtschaft passen sich laufend den Veränderungen und Rahmenbedingungen der Gesellschaft an.

Die heutige Landwirtschaft soll nicht nur qualitativ gute und rationell produzierte Nahrungsmittel erzeugen, sondern auch zur Erhaltung einer gesunden Umwelt und einer attraktiven Landschaft einen entscheidenden Beitrag leisten. Die Bodenkarte drängt sich geradezu auf als Mittel zur Optimierung der Nutzungs- und Bewirtschaftungsfunk-

tionen der Landwirtschaft und dies auf allen Entscheidungsstufen, vom Produzenten über die Verwaltung bis zu den Politikern.

Die Bodenkarte unterscheidet die Böden primär nach ihren natürlichen Eigenschaften. Dabei kommt dem Wasserhaushalt und der pflanzennutzbaren Gründigkeit besondere Bedeutung zu. Die natürlichen Eigenschaften eines Bodens können durch die Bewirtschaftung sowohl verbessert als auch verschlechtert werden.

Am Beispiel der vier im Kapitel 5 aufgeführten Profile werden die Möglichkeiten der Bodenkarte für die Landwirtschaft erörtert.

| Bodeneigenschaften | Bodentyp | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Braunerde Zg82 | Buntgley Zg87 | Halbmoor Zg80 | Regosol Zg31 |
| | | |  | |
| Nutzungseignung | Ackerland sehr gut | Wies- und Weideland | Wiesland | extensives Wies- und Weideland |
| Ertragspotential | hoch | mässig bis gut | mässig bis gut | niedrig |
| Intensität der Nutzung | hoch | mässig | mässig bis gut | niedrig |
| Anfälligkeit für Verdichtung | niedrig | sehr hoch | mässig | niedrig |
| Anfälligkeit für Erosion in Hanglagen | niedrig | niedrig | hoch | hoch |
| Oberflächenabfluss | niedrig | sehr hoch | niedrig | niedrig |
| Verlagerung der Stoffe in die Tiefe (bis Grundwasser) | mässig | niedrig | niedrig | extrem hoch |

Mit einer gezielten, EDV unterstützten Auswertung kann die gesamte kartierte Fläche in diesem Sinne ausgewertet werden. Damit kann man Informationen über das natürliche Potential, Gefahrengebiete u.a.m. gewinnen und darauf abgestützte Lenkungsmassnahmen planen.

Diese vier Böden sind die typischen Vertreter ihrer Gruppe. Als solche können sie besser die Bedeutung einzelner Eigenschaften aufzeigen als die Böden mit weniger ausgeprägten Merkmalen, die oft auch schwer zu einem bestimmten Bodentyp zuzuordnen sind.

Die **Braunerde** ist der beste Boden, der im Kanton Zug anzutreffen ist. Er zeichnet sich in der Regel durch grosse Speicherkapazität für Wasser und Nährstoffe aus. Er weist eine gute Struktur auf und bietet die besten Bedingungen für das Gedeihen von Pflanzen und Bodenlebewesen. Beim Befolgen der Regeln guter Bewirtschaftungspraxis entstehen bei diesem Bodentyp die geringsten Beeinträchtigungen der Umwelt.

**Buntgley** ist der typische Vertreter eines Nassbodens. Hoher Tongehalt und damit verbundene niedrige Wasserdurchlässigkeit kombiniert mit hohem Grundwasserstand tragen dazu bei, dass dieser Boden oft bis zur Oberfläche nass ist. Er eignet sich somit nur für futterbauliche Nutzung. Er ist sehr anfällig für Verdichtungen und oberflächlichen Abfluss von Wasser und Nährstoffen.

**Regosol** ist das Gegenteil von Buntgley. Dieser Boden ist nur rudimentär entwickelt. Durch die niedrige Kapazität für die Aufnahme von Wasser und Nährstoffe versickern diese in grossen Mengen bis ins Grundwasser.

Das **Halbmoor** ist eigentlich der ursprünglich nasse Moorboden, der durch die Entwässerung für die Landwirtschaft fruchtbar gemacht wurde. Durch den Entzug des Wassers und die Sauerstoffzufuhr setzte eine rasche Mineralisierung der ursprünglichen Mooraufflage ein, die mit der Zeit zum gänzlichen Verschwinden des humosen Oberbodens und zur Wiedervernässung führen kann. Durch die Entwässerung ist nur ein fruchtbarer Boden für eine bestimmte Zeit entstanden. Die flachliegenden Drainagen solcher Böden führen grosse Mengen an Wasser und Stoffe zu den naheliegenden Gewässer.

Für die Landwirte sind die chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Bodens von grosser Bedeutung, weil sie den Ertrag und die Qualität der angebauten Kulturen massgeblich bestimmen.

Die während der Kartierung durchgeführten Bodenanalysen können für die Praxis wichtige Erkenntnisse liefern.

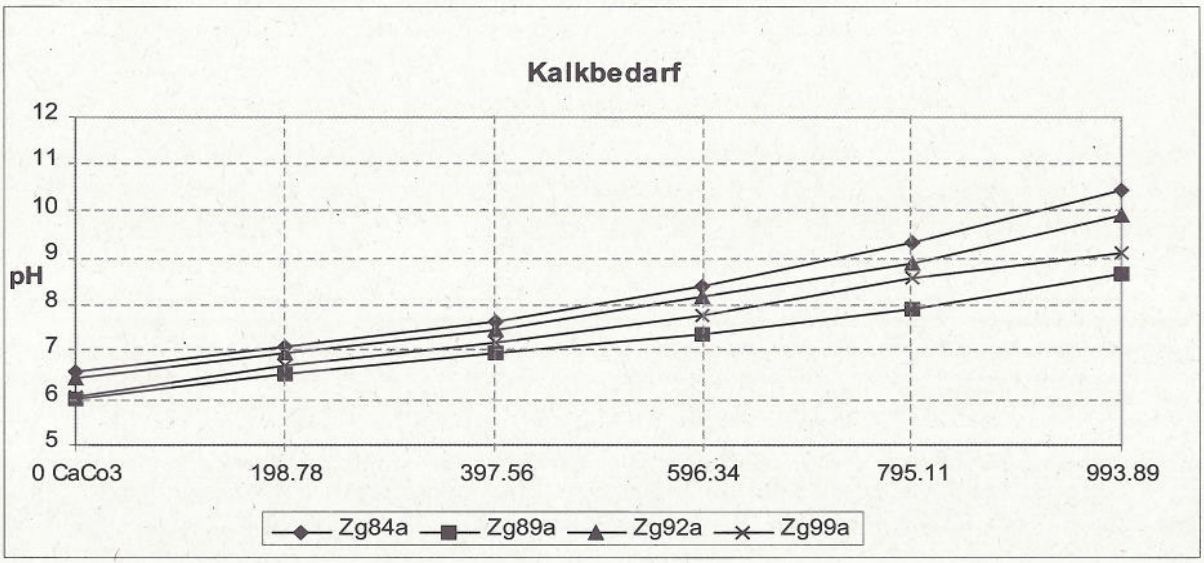
– *pH des Bodens und Kalkungsbedarf*

  Durch viele Laboranalysen, aber auch durch viele Tests bei der Kartierung, kann eine Übersicht über die pH-Werte des Bodens gemacht werden. Den optimalen pH-Wert eines Bodens gibt es eigentlich nicht. Er kann nur aufgrund der Körnung des Bodens, der Nutzung und der Kultur festgelegt werden.

  Die Mehrheit der Böden des Kantons Zug liegen im schwach sauren bis neutralen Bereich. Für die Futterbaunutzung sind solche Böden in der Regel sehr gut geeignet. Eine Aufkalkung drängt sich nicht auf, hingegen eine Ersatzkalkung, die jährliche Kalkverluste kompensiert.

  Im Ackerbau sieht die Situation wesentlich anders aus. Insbesondere bei den schweren Böden ist eine Kalkung die Voraussetzung für den Aufbau einer guten Struktur und für einen erfolgreichen Anbau vieler Ackerkulturen. Der Kalkbedarf für einige untersuchte Böden ist folgender Zusammenstellung zu entnehmen.

*Abbildung 19: Kalkbedarf*




Kommentar zu Abbildung 19:
Aus Abbildung 19 ist ersichtlich, welcher pH-Wert bei Zugabe einer bestimmten Menge Kalk erreicht wird. z.B. steigt beim Boden Zg84 der pH-Wert von 6.5 auf 7.0 wenn 198.78 mg $CaCO_3$ pro 100 g Boden beigegeben wird.

– *Körnung und Bodenstruktur*

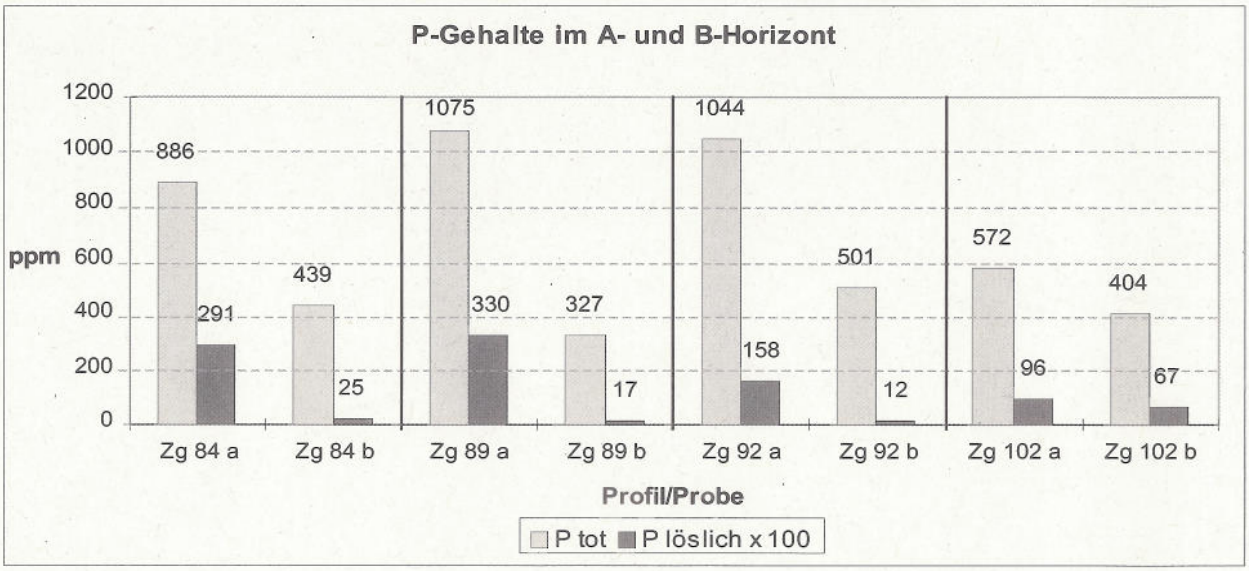
Extrem schwere Böden sind im Kanton Zug nur selten anzutreffen. Die Körnung liegt meistens im Bereich sandiger Lehm bis Lehm, also im Bereich, in welchem keine besonderen Probleme beim Aufbau einer guten Bodenstruktur auftreten. Die gute Struktur mit einem entsprechenden Humusgehalt von 2 - 4 % ist aber nur bei einer futterbaubetonten Fruchtfolge zu erreichen. Einseitig ackerbaubetonte Fruchtfolgeflächen führen rasch zum Abbau des Humusgehaltes und zur Destabilisierung der Strukturaggregate.

– *Phosphorversorgung der Böden*

Der Phosphorgehalt des Oberbodens ist etwa doppelt so hoch wie derjenige des Unterbodens und liegt bei ungefähr 1000 ppm. Lediglich 1 - 2 % davon ist im Wasserextrakt löslich. Die Löslichkeit der Phosphate hängt von verschiedenen Faktoren wie pH, Ton- und Humusgehalt sowie dem Gehalt an Metalloxiden ab. Eine ausgewogene Phosphorbilanz kann demzufolge ohne Verminderung der Erträge nur bei den Böden praktiziert werden, die ein bestimmtes P-Versorgungsniveau erreicht haben.

Die folgende Zusammenstellung gibt Auskunft über die P-Versorgung im Ober- und Unterboden.

*Abbildung 20: P-Gehalte im A- und B-Horizont*



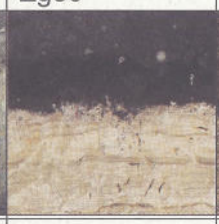

## 5.2 Melioration

Die Aufgabe der Meliorationen hat sich im Laufe der Zeit geändert. Die klassische Urbarmachung und Entwässerung wird kaum mehr vorgenommen. Der Trend zur Renaturisierung setzt sich immer mehr durch. Wie alle Bereiche hat auch die Melioration an Komplexität gewonnen. Die Erarbeitung der Bedingungen für eine rationelle Produktion ist zwar nach wie vor das wichtige Anliegen der Melioration aber nicht mehr das ausschliessliche, wie es früher war. Es gibt hier ebenso den Grundsatz, die Optimierung im Einklang mit der Natur herbeizuführen. Die Bodenkarte mit entsprechend zielorientierten Interpretationskarten ist auch in diesem Bereich als wichtige Grundlage anzusehen.

Übergeordnet können die nassen Standorte dargestellt werden, um eine sinnvolle Verbindung zu grösseren zusammenhängenden, ökologisch wertvollen Gebieten zu erreichen.

Ähnliche Bedeutung hat die Bodenkarte bei der Festlegung des Erschliessungskonzeptes in einem landwirtschaftlich genutzten Gebiet.

Bei Detailfragen wie Entwässerungswürdigkeit, natürlicher Ertragsfähigkeit, Tauschwert einzelner Grundstücke u.a. kann auf die Bodenkarte bzw. bodenkundliche Information kaum verzichtet werden. Die Bedeutung der Bodenkarte für Detailabklärungen kann anhand der vier bereits vorgestellten Bodentypen wie folgt demonstriert werden.

| Bodeneigenschaften | Bodentyp | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Braunerde Zg82 | Buntgley Zg87 | Halbmoor Zg80 | Regosol Zg31 |
| | | |  | |
| Bodenpunktzahl | 76 | 64 | 62 | 54 |
| Entwässerungswürdigkeit | nicht notwendig | ja | nein | nicht notwendig |
| Eignung für Strassenbau | sehr gut | nur mit viel Aufwand möglich | ungeeignet | sehr gut |

## 5.3 Umweltschutz

Wenn man von Umweltschutz spricht, denkt man an den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen: Luft, Wasser und Boden. Dem Boden kommt dabei besondere Bedeutung zu, weil er lebensnotwendige Funktionen in der Natur hat. Zusammen mit den Pflanzen spielt er eine wichtige Rolle für die Kreisläufe des Wassers, der Luft und der Stoffe.

Auf dem Weg durch den Boden wird das Wasser von Schadstoffen gereinigt und mit den für Lebewesen wichtigen Mineralstoffen angereichert.

Das im Boden gespeicherte Wasser beeinflusst entscheidend den Wasserhaushalt und das Mikroklima eines Gebietes.

Der Boden wirkt als sehr komplexer Bioreaktor, in welchem gleichzeitig verschiedene Prozesse ablaufen, die eine wichtige Bedeutung für den Austausch der Gase zwischen Boden und Atmosphäre haben.

Die Vielzahl der Schadstoffe, die der Mensch verwendet, ist in der Luft anzutreffen. Nach kurzer Verweilzeit gelangen sie von dort auf und in den Boden, wo sie mehrheitlich festgehalten werden. Damit wird ihr Gefahrenpotential für die Umwelt herabgesetzt.

Obwohl der gute und fruchtbare Boden eine besondere Bedeutung bei der Neutralisierung und Speicherung von Schadstoffen hat, wäre es falsch, nur solche Böden als Mass aller Dinge zu betrachten.

Eine vielfältige, attraktive und wohnliche Landschaft besteht aus einer grossen Vielfalt von Böden. Jeder der Böden hat seine bestimmte Funktion, die zu erhalten ist. Die Aufgabe der Menschen ist, diese Funktion zu erkennen und durch entsprechendes Verhalten und Massnahmen Rücksicht auf die Vielfalt zu nehmen und sie zu pflegen.

Die natürlichen Eigenschaften des Bodens können durch Eintrag der Stoffe (aus der Luft oder durch die Bewirtschaftung) beeinträchtigt werden. Beeinträchtigung ist auch durch die Bewirtschaftung (Verdichtung, Strukturveränderung) möglich.

Die Bedeutung der als Beispiele vorgestellten Bodentypen im Bereich des Umweltschutzes ist folgender Zusammenstellung zu entnehmen.

| Bodeneigenschaften | Bodentyp | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Braunerde Zg82 | Buntgley Zg87 | Halbmoor Zg80 | Regosol Zg31 |
| | | | | |
| Intensität der Nutzung | hoch | mässig | mässig bis hoch | niedrig |
| Verlagerung der Stoffe in die Tiefe (bis Grundwasser) | mässig | niedrig | niedrig | extrem hoch |
| Oberflächenabfluss | niedrig | sehr hoch | niedrig | niedrig |
| Anfälligkeit für Erosion in Hanglagen | niedrig | niedrig | hoch | hoch |
| Anfälligkeit für Verdichtung | niedrig | sehr hoch | mässig | niedrig |
| aktuelle Nutzungsart | intensiver Acker-/ Futterbau | nasse Wiese | intensiver Ackerbau dank Drainage | Trockenrasen |
| Einfluss auf Mikroklima | mässig | hoch | sehr hoch | niedrig |

Entscheidend ist eine dem Bodentyp angepasste Nutzung und Bewirtschaftung. Die Braunerde lässt die höchste Intensität der Bodennutzung zu ohne übermässige Beeinträchtigung der Umwelt. Ein Regosol weist von Natur aus ein niedriges Ertragspotential auf. Jegliche Intensivierung führt in erster Linie zu einer starken Verlagerung der Stoffe in die Tiefe. Auch die Erosionsanfälligkeit bei der ackerbaulichen Nutzung ist sehr gross.

## 5.4 Raumplanung

Bei verschiedenen Interessen am Boden wie Siedlung, Landwirtschaft, Rohstoffgewinnung, Naturschutz u.a. sind Konflikte zwischen verschiedenen Ansprüchen nicht zu vermeiden.

Die Aufgabe der Raumplanung ist, solche Interessenkonflikte zu minimalisieren und für einen sparsamen Verbrauch und eine niedrige Belastung der Böden zu sorgen.

Am Beispiel der vier Bodentypen lässt sich unterschiedliches Nutzungsinteresse verdeutlichen. Dabei gehen wir davon aus, dass der Regosol häufig in der Zuger Drumlinlandschaft vertreten ist.

| Nutzungsinteresse | Bodentyp | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Braunerde Zg82 | Buntgley Zg87 | Halbmoor Zg80 | Regosol Zg31 |
| | | | | |
| Landwirtschaft | sehr gross | mässig | gross | klein |
| Industrie | sehr gross | gross | klein | klein |
| Wohnen | sehr gross | mässig | klein | klein |
| Kiesgewinnung | kein* | kein | kein | sehr gross |
| Naturschutz | klein* | gross | sehr gross | gross |
| Landschaftsschutz | klein* | gross | gross | sehr gross |

* je nach Untergrund oder Situation besteht grosses Interesse

Die Nutzungskonflikte werden bei der Raumplanung auf zwei Ebenen gelöst, nämlich auf konzeptioneller Ebene und auf der Nutzungsebene bei den Detailkonflikten.

Die Bodenkarte kann vorab dank den Möglichkeiten der EDV-Nutzung einen wesentlichen Beitrag bei der Ausarbeitung von raumplanerischen Nutzungskonzepten leisten. Dabei kann stufenweise vorgegangen werden, indem zunächst die typischen Gebiete für einzelne Nutzungen wie z.B. Nassstandorte dargestellt werden. Durch eine weitere Zuordnung von wenigen typischen Nassböden zu den bereits ausgeschiedenen lassen sich sinnvolle Vernetzungen visualisieren.

## 5.5 Naturschutz

Durch eine einseitig auf die rationelle Produktion ausgerichtete Landwirtschaft sind in der Vergangenheit oft ausgeräumte Landschaften entstanden, die sich mit der Zeit auch als kontraproduktiv für die Landwirtschaft selbst entpuppt haben. Ein Trend zur Landschaft, in der eine Vielfalt an Pflanzen und Tieren eine bessere ökologische Stabilität sichert und gleichzeitig die Attraktivität der Landschaft erhöht, ist schon lange eingetreten.

Mit Hilfe der Bodenkarte können beliebige Naturschutz-Szenarien aufgestellt werden. Man kann sozusagen die ursprüngliche Landschaft rekonstruieren, aber auch sinnvolle und kostenmässig tragbare Renaturierung einzelner Landschaftsteile aufzeigen.

## 5.6 Schatzung / Steuern

Bei der Schätzung des Ertragswertes einer Liegenschaft spielt die Fruchtbarkeit und der Ertragswert des Bodens eine wesentliche Rolle. Dabei wird als Mass die Bodenpunktzahl angewendet. Diese kann für jede kartierte Einheit der Bodenkarte mit Hilfe einer Matrix und des EDV-Systems ausgerechnet und kartographisch dargestellt werden. Die ausgerechneten Bodenpunktzahlen einzelner Einheiten bezw. Parzellen helfen beim Handel mit oder beim Tausch von Grundstücken.

| Bodeneigenschaften | Bodentyp | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Braunerde Zg82 | Buntgley Zg87 | Halbmoor Zg80 | Regosol Zg31 |
| | | | | |
| Bodenpunktzahl | 76 | 64 | 62 | 54 |

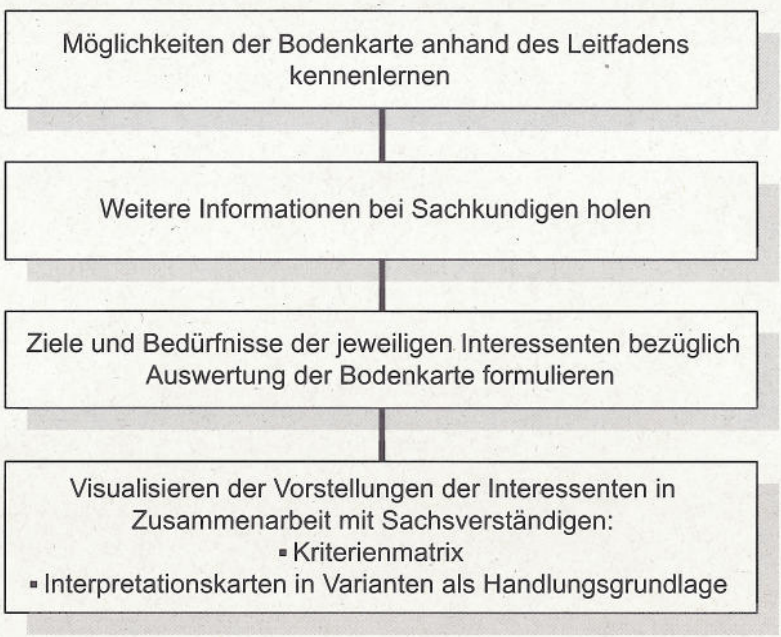
# 6. RÜCKBLICK UND AUSBLICK

Die Bodenkarte stellt eine objektive Grundlage dar, die für verschiedene Zwecke verwendet werden kann.

Sie enthält sehr viele Informationen zum Boden. Für die Bearbeitung von konkreten Einzelfragen wird ein bestimmtes Fachwissen vorausgesetzt. Vor allem für die Erstanwendung durch Landwirte ist eine Begleitung durch Sachkundige notwendig.

Für viele mögliche Benützer liegt in der Bodenkarte sehr viel Potential, das mit geeigneten Mitteln genutzt werden sollte.

Der Weg für die optimale Nutzung durch verschiedene Ämter und Interessenten sieht ungefähr wie folgt aus:



# 7. GLOSSAR

| | |
|---|---|
| µm | Mikrometer, 1 / 1'000'000 meter |
| A-Horizont | Humushaltiger, schwärzlicher, meist oberster Horizont eines Bodens |
| Al | Aluminium |
| Anion | negativ geladenes Ion |
| anthropogen | durch den Menschen beeinflusst, verursacht |
| B-Horizont | Verwitterungs-Horizont eines Bodens. |
| Basensättigung | Prozuentelle Sättigung der KAK mit Basen, ausgedrückt in Prozenten Basen sind: Ca, Mg, K, Na |
| Bodenpunktzahl | Bewertung der Bodenqualität in Punkten unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften |
| Bodenreaktion | siehe pH |
| Bodenskelett | Bodenbestandteile mit einem Durchmesser von mehr als 2 mm |
| Bodenstruktur | sh. Gefüge |
| Bodentyp | Zusammenfassung von Böden mit ähnlicher Entstehungsgeschichte, ähnlichem Wasserhaushalt, ähnlichem Aufbau und ähnlichen chemischen und mineralogischen Eigenschaften |
| Braunerde | Senkrecht (von Wasser) durchwaschener Bodentyp, Humus- und Verwitterungshorizont teilweise oder ganz karbonatfrei; neutral bis schwach sauer, hohe Basensättigung, Name von der braunen Farbe im B-Horizont |
| Braunerde-Gley | Grund- oder hangwassergeprägter Bodentyp, oberhalb 40 cm unter Terrain (u.T.) ähnlich wie Braunerde; zwischen 40 und 60 cm u.T. beginnen starke Vernässungsanzeichen (starke Rostfleckung) |
| Braunerde-Pseudogley | Stauwassergeprägter Bodentyp, oberhalb 40 cm unter Terrain (u.T.) ähnlich wie Braunerde; zwischen 40 und 60 cm u.T. beginnen starke Merkmale von Staunässe (starke Rostfleckung) |
| Buntgley | Grund- oder hangwassergeprägter Bodentyp, starke Vernässungsan-zeichen bei weniger als 40 cm u.T. beginnend und mindestens bis 60 cm u.T. vorhanden. |
| C-Horizont | Bodenhorizont aus unverwittertem Ausgangsmaterial |
| Ca | Kalzium |
| $CaCO_3$ | Kalziumkarbonat (Kalk) |
| $CO_2$ | Kohlenstoff |
| Eisenpodzol | Senkrecht (von Wasser) durchwaschener Bodentyp, sauer bis stark saurer Boden, Auswaschung von Eisen und Huminstoffen; dadurch im oberen Profilbereich gebleichter, aschefarbener Auswaschungshorizont und darunter intensiv rostfarbener bis schwarzbrauner Anreicherungsoriont; häufig Rohhumusbildung. |
| Erosion | Zerstörungsarbeit (Bodenabtrag) durch Wasser, Eis und Wind an der Erdoberfläche |
| Ertragspotential | Leistungsfähigkeit den Ertrag betreffend |
| Evaporation | Verdampfung, Verdunstung von Wasser |
| Fahlgley | Grund- oder hangwassergeprägter Bodentyp, Dauernässe oberhalb von 60 cm u.T. Im Bereich der Dauernässe typische Graufärbung der Bodenschichten |
| FAL | Eidgenössiche Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau |
| FAP | Eidgenössiche Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau (alte Bezeichnung für FAL) |
| Fe | Eisen |
| Feinerde | siehe Körnung |
| Feldkapazität | sh. Bericht S.15 |

| | |
|---|---|
| FK | Feldkapazität, sh. Bericht S.15 |
| Fluvisol | Senkrecht (von Wasser) durchwaschener, wenig entwickelter Bodentyp, aus geschichtetem Schwemmaterial (Alluvium) |
| Gefüge | Art der räumlichen Anordnung der anorganischen und organischen Bodenstoffe und ihre Verknüpfung zu Aggregaten |
| GIS | Geographisches Informations System, Software mit der komplexe, raumbezogene Informationen in Computer-Systemen verwendet werden können. |
| Gründigkeit, pflanzenverfügbare | für die Pflanzenwurzeln verfügbares Bodenvolumen |
| H | Wasserstoff |
| $H_2O$ | chemische Bezeichnung für Wasser |
| Halbmoor | Organischer Nassboden mit stark mineralisiertem Oberboden und / oder mineralischen Zwischenschichten |
| Hochmoor | Organischer Nassboden, Vernässung nur über Regenwasser, stark sauer und sehr nährstoffarm |
| Horizont | Horizont, Bodenhorizont, ist eine annähernd parallel zur Bodenoberfläche verlaufende, optisch erfassbare Zone, welche sich durch die Bodenbildung (Verwitterung, Humusbildung, Stoffverlagerung, Gefügebildung usw.) von anderen Zonen unterscheidet |
| Humus | Oberbegriff für organische Verbindungen im Oberboden, die durch Umsetzung der organischen Substanz entstanden sind. |
| Hydroxid | anorganische Verbindung, die eine oder mehrere Hydroxidionen ($HO^-$) enthält |
| Ion | elektrisch geladenes Teilchen, das aus neutralen Atomen od. Molekülen durch Anlagerung od. Abgabe (Entzug) von Elektronen entsteht |
| K | Kalium |
| KAK | Kationenaustauschkapazität (sh. Bericht S.16) |
| Kalkbraunerde | Wie Braunerde, aber karbonathaltig (sekundäre Karbonatanreicherung) bis zur Oberfläche |
| Kation | positiv geladenes Ion |
| Kationenaustauschkapazität | sh. Bericht S.16 |
| Körnung | andere Begriffe: Feinerde, Feinerdekörnung, Bodenart<br>Unter Körnung versteht man die Gesamtheit der Bodenpartikel mit einem Äquivalentdurchmesser von weniger als 2 mm. Die Körnung wird in die drei Hauptfraktionen Ton, Schluff und Sand unterteilt. |
| Legende | Erläuterung der Bodeneinheiten in der Bodenkarte |
| Mg | Magnesium |
| Mineralisierung | Umwandlung von organischer in anorganische Substanz |
| mmol | Millimol |
| Mn | Mangan |
| Moder | sh. Bericht S.14 |
| Molasse | Geologische Formation, die vorkommenden Gesteine sind Nagelfluh, Sandstein und Mergel |
| Moor | Organischer Nassboden mit sehr wenig Mineralerdebeimengungen. |
| Mull | sh. Bericht S.14 |
| Na | Natrium |
| $O_2$ | Sauerstoff |
| Oxid | Verbindung eines chemischen Grundstoffes mit Sauerstoff |
| P | Phosphor |
| Permanenter Welkepunkt | sh. Bericht S.15 |
| pH | (potentia hydrogenii), Messzahl für die $H^+$-Ionenkonzentration in Form des negativen Logarithmus der $H^+$-Ionenkonzentration |
| Phosphat | Salz der Phosphorsäure, kommt in verschiedenen Arten vor |
| Profil, Bodenprofil | Senkrechter Aufschluss durch alle Horizonte des Bodens bis und mit Muttermaterial. Das Bodenprofil dient der detaillierten Aufnahme von Bodenmerkmalen sowie der Beurteilung des Bodens als Pflanzenstandort |

| | |
|---|---|
| Pseudogley | Stauwassergeprägter Bodentyp, Merkmale von Staunässe oberhalb 40 cm u.T. |
| PWP | Permanenter Welkepunkt, sh. Bericht S.15 |
| Regosol | Senkrecht (von Wasser) durchwaschener, wenig entwickelter Bodentyp, meist flachgründig, Humushorizont über wenig bis nicht verwittertem Muttermaterial (Mischgestein) |
| Relief | Geländeoberfläche |
| Rohhums | sh. Bericht S.14 |
| Sand | Hauptfraktion der Körnung mit einem Äquivalentdurchmesser < 2 µm |
| Saure Braunerde | Wie Braunerde aber tieferes pH (pH CaCl2) ( 5) und tiefe Basensättigung (< 50%) |
| Schluff | Hauptfraktion der Körnung mit einem Äquivalentdurchmesser von 50-200µm |
| Sorption | Aufnahme eines Gases od. gelösten Stoffes durch einen anderen festen od. flüssigen Stoff |
| Ton | Hauptfraktion der Körnung mit einem Äquivalentdurchmesser <2 µm |
| Torf | sh. Bericht S.14 |
| Transpiration | Abgabe von Wasserdampf durch die Spaltenöffnungen der Pflanzen |
| Untertyp | Zur näheren Umschreibung der Bodentypen und zur Hervorhebung bestimmter Bodeneigenschaften werden Untertypen verwendet. Die meisten Untertypenbezeichnungen nehmen Bezug auf Wasserhaushalt, Bodenreaktion, Gefüge, Profilschichtung oder Art und Menge der organischen Substanz. |
| Verwitterung | Zersetzung von Gestein durch physikalische, chemische und biologische Prozesse |
| Wasserhaushalt | Beschreibung des Vernässungsgrad des Bodens im Jahresverlauf |