

Beurteilen der Qualität von Geländeauffüllungen mit der Bodengefügeanalyse nach FAL

Beurteilen der Bodenstruktur sowie Art und Grad der Verdichtung

Milan Petrasek, dipl. Agro-Ing. HTL; Adalbert Pazeller dipl. Ing.-Agr. ETH

14. Februar 2003

Eine neue Methode der Bodengefügeanalyse, publiziert in der Schriftenreihe der FAL Nr. 41/2002, wurde erstmals zur Beurteilung von anthropogenen Böden angewandt. Beurteilt wurden sechs Standorte mit je einer Geländeauffüllung und einem Referenzprofil für den ungestörten Bodenzustand. Dazu wurden für anthropogene Böden geeignete Interpretationsmethoden entwickelt, um die folgenden Eigenschaften differenziert beurteilen zu können: Grad der anthropogenen Veränderung und Anteil der durch Lebendverbau gebildeten Aggregate, Einsickerungspotenzial, pflanzenbauliche Gefügequalität, Bindungspotenzial für Wasser und gelöste Stoffe sowie Verdichtungsempfindlichkeit.

Damit steht eine einfache und leistungsfähige Feldmethode zur Verfügung, um Geländeauffüllungen und Rekultivierungen beurteilen zu können.

Auffüllung, Bodengefüge, Bodenstruktur, Bodenverdichtung, Geländeauffüllung, Rekultivierung, Spatenprobe

Inhalt

1	Anlass und Ziel der Studie.....	3
2	Methoden	3
2.1	Analyse des Bodengefüges	3
2.2	Bewertung des Bodengefüges	4
2.2.1	Zusammenhang von Bodengefüge und Bodeneigenschaften	4
2.2.2	Beurteilen der Bodenbildung und der anthropogenen Veränderungen	4
2.2.3	Beurteilen der Oberfläche der Aggregate und der Einsickerung.....	5
2.2.4	Bewertung der pflanzenbaulichen Gefügequalität.....	5
2.2.5	Bindungspotential	5
2.2.6	Verdichtungsempfindlichkeit.....	5
3	Untersuchungen	6
3.1	Standorte	6
3.2	Messungen und Interpretation	7
4	Ergebnisse	7
4.1	Brütten.....	8
4.2	Dettenried.....	9
4.3	Ettenhausen	10
4.4	Illnau.....	11
4.5	Mettmenstetten.....	12
4.6	Neftenbach	13
5	Interpretation der Ergebnisse	14
5.1	Verbesserung von Standorten	14
5.2	Aufbau der Auffüllungen	14
5.3	Bodenmaterial	14
5.4	Rekultivierungstechnik und Folgebewirtschaftung.....	14
	Glossar	15
	Anhang	15

1 Anlass und Ziel der Studie

Die vorliegende Studie wurde im Jahre 2001 von der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL im Rahmen der Entwicklung einer neuen Methode zur Bodengefügebeurteilung angeregt. Als Studienobjekt bot sich eine Serie von Geländeauffüllungen im Kanton Zürich an, wo die kantonale Bodenschutzfachstelle ein Projekt zur Beurteilung ausgewählter Standorte nach konventionellen Methoden in Auftrag gegeben hatte.

In dieser Studie wurde erstmals die neue Methode der Gefügeanalyse der FAL¹ unter Feldbedingungen angewendet, um Auffüllungsstandorte im Kanton Zürich zu beurteilen. Es wurden sechs Standorte mit Auffüllungen unterschiedlichen Alters untersucht und mit sogenannten Referenzstandorten mit ungestörten Bodenverhältnissen verglichen und beurteilt. Dabei wurden zwei Interessen verfolgt: Eine Serie von Geländeauffüllungen sollte mit einer einfachen Feldmethode zuverlässig beurteilt und die neue Methode der Gefügeanalyse in einem Pilotprojekt unter Feldbedingungen erprobt und weiter entwickelt werden.

Ziel der Arbeiten war, die Unterschiede im Gefüge der anthropogenen und natürlichen Böden in Kennwerten darzustellen, die Standorte zu beurteilen und eine Prognose für die weitere Bodenentwicklung zu machen. Entsprechend dem neuen Einsatzgebiet mussten neue Vorgaben zur Interpretation der Analyseresultate entwickelt und getestet werden. Aus den Rohdaten der Gefügeanalyse wurden Werte für die folgenden Bodeneigenschaften bestimmt:

- Art der anthropogenen Veränderung
- Anteil der durch Lebendverbau gebildeten Aggregate
- Verteilung der *Aggregattypen*² im Bodenprofil
- pflanzenbauliche *Gefügequalität*
- Gesamtoberfläche der Aggregate in m^2/m^3

Aus diesen Werten können folgende Eigenschaften als Klassenwerte interpretiert werden:

- Grad der anthropogenen Veränderung
- Einsickerungspotenzial
- Bindungspotenzial für Wasser und gelöste Stoffe
- Verdichtungsempfindlichkeit
- Potenzial zur Neubildung der Aggregate, Regenerationspotenzial

2 Methoden

2.1 Analyse des Bodengefüges

Das Bodengefüge ist einer der aussagekräftigsten Anzeiger der für den Zustand der Bodenbildung. Das heisst, der Zustand der Aggregierung erlaubt es, mit hoher Sicherheit auf die pflanzenbaulich wichtigen Eigenschaften einer Bodenform zu schliessen. Die Gefügeanalyse beruht auf bodengenetischen Überlegungen zur Aggregatbildung. Die Aggregate werden nach Grössenklassen fraktioniert und gewogen und mit Hilfe von Vergleichstabellen nach der Entstehungsart des überwiegenden Aggregattyps beurteilt. Ebenfalls berücksichtigt werden

¹ Bodengefüge, Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln, Schriftenreihe Nr. 41 der Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 2002

² vgl. Erklärung der Begriffe im Glossar

die mechanischen Eigenschaften, *Zusammenhalt*³ des Gefüges und *Druckfestigkeit* der Aggregate. Die Daten beschreiben die pflanzenbaulich relevanten Aggregat- und Gefügephänomene und dienen als Grundlage für die Interpretation des Standortes⁴.

Die Analyse der Gefügeprobe liefert Daten, welche die pflanzenbauliche Qualität der Gefügeeigenschaften eines Standortes darstellen. Damit sind erstmals quantitative Vergleiche unterschiedlicher Standorte sowie auch Vergleiche in Zeitreihen möglich. Die Methode wies in ersten Feldversuchen eine hohe Wiederholbarkeit auf.

2.2 Bewertung des Bodengefüges

2.2.1 Zusammenhang von Bodengefüge und Bodeneigenschaften

Die Anwendung der bodengenetisch aufgebauten Taxonomie ergibt einen engen Zusammenhang zwischen dem Bodentyp und dem Bodengefüge. Damit erlaubt die Ausprägung des Gefüges auf Eigenschaften des Bodens zu schliessen. Die Gefügebeurteilung ermöglicht eine umfassende bodenkundliche Interpretation eines Standortes hinsichtlich seiner Nutzung. Zwischen folgenden Eigenschaften und dem Gefüge besteht ein enger Zusammenhang:

- Körnung
- Organische Bodensubstanz
- Lagerungsdichte/Vorbelastung
- Sicker- und Durchlüftungsporen
- Sorptionskapazität
- Biologische Aktivität
- Durchwurzelbarkeit
- Wasserleitfähigkeit und Durchlüftung

2.2.2 Beurteilen der Bodenbildung und der anthropogenen Veränderungen

Indem bei der Gefügeanalyse die einzelnen Aggregattypen sehr genau nach ihrer Entstehungsart unterschieden und quantifiziert werden, ist es möglich, Art, Ausmass und Entwicklungsstadium der anthropogen verursachten Gefügeveränderungen durch mechanische Belastung zu bestimmen. Ebenso kann auch der Anteil der Aggregate bestimmt werden, die durch die natürlichen Bodenbildungsprozesse wie Lebendverbau und Absonderung entstanden sind. Es steht somit ein Mass für den Grad des natürlichen Zustandes bzw. der anthropogenen Beeinflussung der Gefügebildung eines Standortes zur Verfügung. Mit Hilfe von Vergleichswerten, die auf Referenzprofilen mit repräsentativer Gefügeentwicklung beruhen, kann auch der Grad der Veränderung festgestellt werden. Zudem ist auch eine Prognose für den weiteren Verlauf der Gefügebildung möglich.

³ vgl. Glossar

⁴ Die Methode ist im Handbuch der FAL detailliert beschrieben.

Es lassen sich noch weitere anwendungsorientierte Interpretationen ausarbeiten, z.B. zur Gefügestabilität und der potentiellen Verdichtungsgefährdung, der Reversibilität der Gefügeausprägung nach Schädigungen und zur biologischen Aktivität des Bodens.

2.2.3 Beurteilen der Oberfläche der Aggregate und der Einsickerung

Die Gesamtoberfläche der Aggregate kann mit Hilfe eines einfachen geometrischen Modells in m^2/m^3 geschätzt werden. Sie hängt von Aggregatgrösse und -form ab: Je kleiner die Aggregate sind und je unregelmässiger ihre Oberfläche ist, um so grösser ist die Gesamtoberfläche des Gefüges und damit auch das Grobporensystem. Der Zustand der Aggregierung korreliert also mit dem Grobporenvolumen und ist damit ein gutes Mass zur Beurteilung der Sickerhältnisse des Bodens und des Bindungspotentials für Wasser und gelöste Stoffe.

2.2.4 Bewertung der pflanzenbaulichen Gefügequalität

Der Anteil einzelner Aggregattypen, der Zusammenhalt des Gefüges sowie Grösse und Festigkeit der Aggregate ermöglichen, die Qualität des Bodengefüges hinsichtlich wichtiger Bodeneigenschaften für den Pflanzenbau zu bestimmen. Diese Kriterien sind Durchwurzelbarkeit, Wasserspeichervermögen, Durchlüftung, Wasserführung, biologische Aktivität und Sorptionsvermögen. Der enge Bezug zwischen Bodeneigenschaften und Gefüge ermöglicht es, die Bodenbewertung auf eine neue Basis zu stellen.

Bei der Interpretation der Gefügequalität wird den Aggregattypen der einzelnen Fraktionen der Probe auf Grund dieses bekannten Zusammenhanges ein Indexwert zugeordnet, der ihren unterschiedlichen, physiologischen Wert berücksichtigt und in eine relative Wertskala setzt. Der Einbezug der Gewichts- oder Volumenanteile führt zur Beurteilung des gesamten Profils.

2.2.5 Bindungspotential

Die Interpretation des Bindungspotentials für Wasser und gelöste Stoffe folgt aus der Grösse der Oberfläche der Aggregate und der pflanzenphysiologischen Gefügequalität. Vor allem die Aggregate, die durch Lebendverbau entstanden sind, weisen dank des hohen Anteils an Biomasse eine enorm grosse Oberfläche mit kolloiden Bindungskräften auf. Die Gefügequalität dient weiter als Mass für den Tongehalt und die Grösse des Wurzelraumes.

2.2.6 Verdichtungsempfindlichkeit

Die Interpretation der Verdichtungsempfindlichkeit ergibt sich aus der Tatsache, dass die Gefügeoberfläche auch ein Mass für den Anteil an Grobporen bzw. Sickerporen ist. Der Gefügewert ist ein Indiz für die Stabilität der einzelnen Aggregate. Somit ist die Bewertung der Porosität des Bodens und Stabilität der Aggregate ein Mass für die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens.

3 Untersuchungen

3.1 Standorte

Insgesamt wurden sechs Standorte mit je einer Auffüllung unterschiedlicher Qualität untersucht und bewertet. Die Auffüllungen unterschieden sich in der Bodenart des Aushubmaterials, in der physiologischen Gründigkeit und im Wasserhaushalt.

Zu jeder Auffüllung wurde jeweils ein Referenzprofil so gewählt, dass der mutmassliche Bodenzustand vor der Auffüllungen repräsentiert war. Die Referenzprofile wurden nach der selben Methode wie die Auffüllungen untersucht und bewertet.

Übersicht der Standorte und Bodeneigenschaften

<i>Standort</i>	<i>Auffüllung Bodenform</i>	<i>Referenzprofil Bodentyp</i>
Brütten	ziemlich flachgründig, verdichtet, schwach stauwasserbeeinflusst	Buntgley, flachgründig, stark grundwassergeprägt
Dettenried	ziemlich flachgründig, schwach verdichtet	Braunerde, tiefgründig, normal perkoliert
Ettenhausen	tiefgründig, schwach verdichtet	Kalkbraunerde sehr flachgründig normal perkoliert
Illnau	tiefgründig, verdichtet, stauwasserbeeinflusst	Braunerde-Pseudogley mässig tiefgründig, stauwassergeprägt
Mettmenstetten	ziemlich flachgründig verdichtet	Braunerde-Gley massig tiefgründig, grundwassergeprägt
Neftenbach	tiefgründig, verdichtet, stauwasserbeeinflusst	Braunerde-Pseudogley mässig tiefgründig stauwassergeprägt

3.2 Messungen und Interpretation

An allen sechs Standorten wurde das Bodengefüge nach der im Handbuch beschriebenen Methode in frischem Zustand bestimmt. Die Beobachtungen und Messwerte der Gefügeanalyse wurden zunächst in das Standardaufnahmeblatt eingetragen und anschliessend die Werte für die pflanzenbauliche Gefügequalität, den Anteil und Zustand anthropogener Aggregate und die Gesamtoberfläche der Aggregate mit dem Programm SOILSTRUCTURE berechnet.

Die Interpretation erfolgte nach den Vorgaben der FAL und nach den im Kapitel 2 Methoden angegebenen Gesetzmässigkeiten zum Zusammenhang zwischen Bodengefüge und Bodenbildung. Die Ergebnisse sind in Klassen zusammengefasst.

4 Ergebnisse

Im Folgenden sind die sechs Standorte mit jeweils einer Referenz beschrieben und die Ergebnisse der Gefügeanalyse zusammengefasst sowie nach den folgenden Kriterien interpretiert:

- Grad der anthropogenen Veränderung
- Anteil der durch Lebendverbau gebildeten Aggregate
- Gesamtoberfläche und Einsickerungspotenzial
- Pflanzenbauliche Gefügequalität
- Bindungspotenzial für Wasser und gelöste Stoffe
- Verdichtungsempfindlichkeit

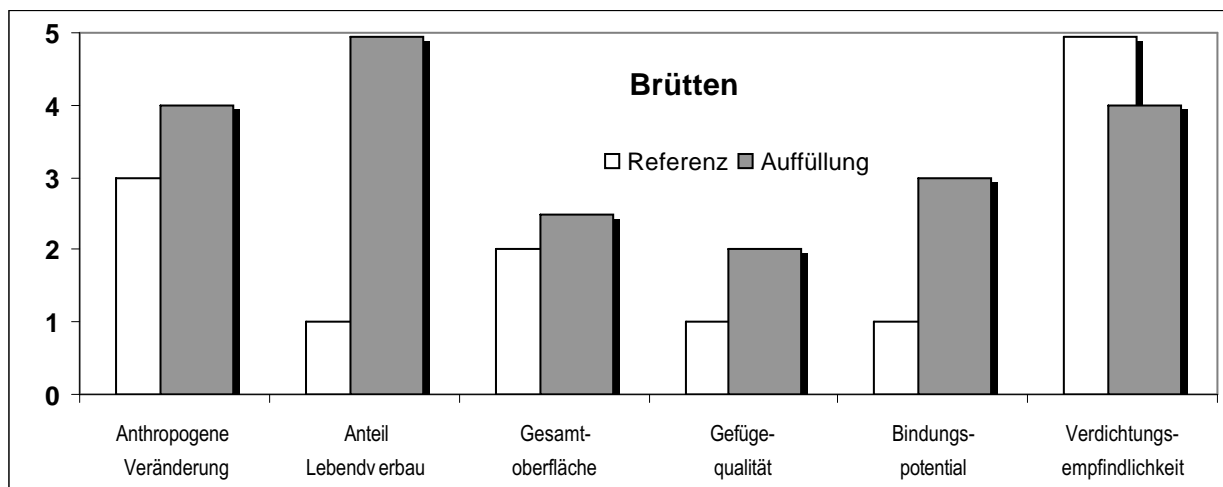
Die Bewertung in den Diagrammen erfolgt in Klassen 1 bis 5:

<i>Klasse</i>	<i>Bewertung</i>
5	sehr gross, sehr hoch
4	gross, hoch
3	mässig, mittel
2	gering, tief
1	sehr gering, sehr tief
0	kein, kaum feststellbar

Die detaillierten Aufnahmeblätter der Feldmessungen mit allen Messwerten und den davon abgeleiteten Interpretationen für die einzelnen Horizonte und das Gesamtprofil befinden sich im Anhang.

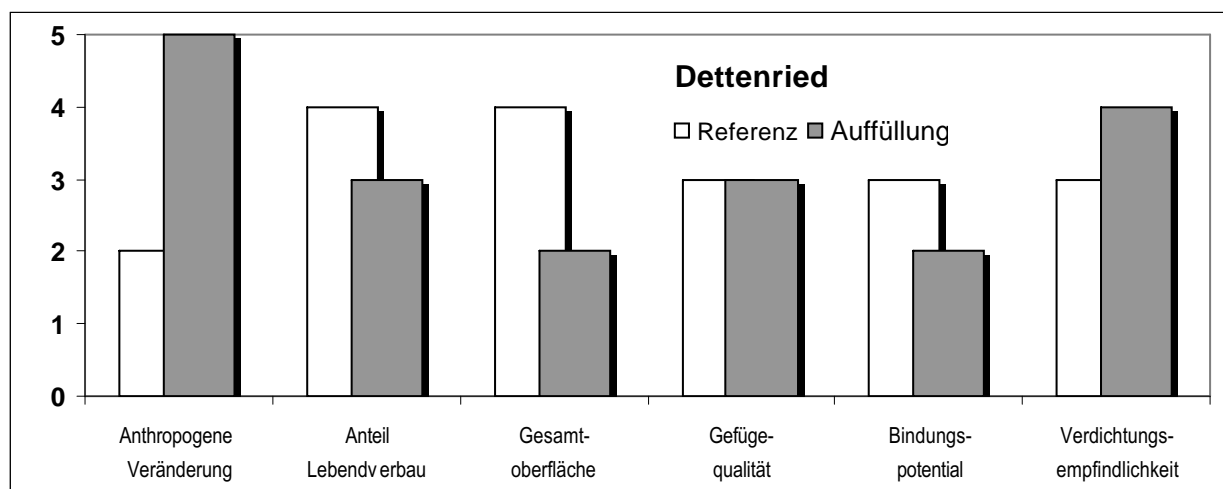
4.1 Brütten

Auffüllung	
Gründigkeit/Wasserhaushalt	ziemlich flachgründig, verdichtet, schwach stauend
Herkunft/Alter des Materials	eigener Aushub, 1996
Bewirtschaftung	Wiese
Bodenart Ober-/Unterboden	toniger Lehm, humos / sandiger Lehm
Beurteilung	Der Oberboden zeigt mit einem hohen Anteil durch Lebendverbau gebildeter Aggregattypen eine intensive Neubildung des Gefüges. Dies deutet auf eine günstige Bodenart mit relativ hohem Ton- und Humusgehalt sowie die Verbesserung des Wasserhaushaltes und eine standortgerechte Bewirtschaftung hin. Unterhalb 24 cm ist das Material grösstenteils unverwitterterter und verdichteter Aushub mit Kohärentgefüge.
Referenzstandort	
Bodentyp	Buntgley
Gründigkeit/Wasserhaushalt	flachgründig, stark grundwassergeprägt
Bodenart Ober-/Unterboden	toniger Lehm, humos
Bewirtschaftung	Wiese
Beurteilung	Das Profil weist eine für hydromorphe Böden typische Gefügeform auf. Im Oberboden ist ein hoher Anteil anthropogen verursachter Aggregate festzustellen. Diese Schicht ist durch Befahren stark verdichtet. Der Unterboden weist ein für Bodenart und Hydromorphie typisches (Gross-)Prismengefüge von niedriger Qualität auf.
Vergleich Auffüllung/Referenzstandort	Der Oberboden der Auffüllung ist infolge verbessertem Wasserhaushalt gegenüber dem Referenzstandort wesentlich aufgewertet. Die Bewirtschaftung dürfte dadurch erleichtert sein, die Ertragsfähigkeit und Belastbarkeit hingegen wurden vorläufig nur leicht verbessert. Die Aufwertung der Gefügequalität im Unterboden wird eher langfristig stattfinden. Erwartete Zeitspanne zur Neuaggregation: > 10 Jahre



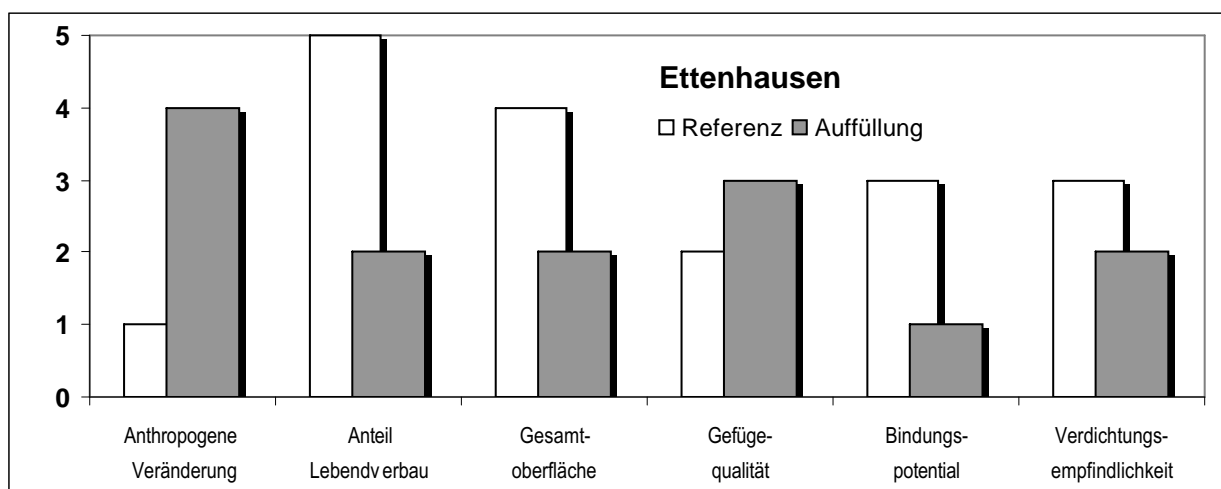
4.2 Dettenried

Auffüllung	
Gründigkeit/Wasserhaushalt	ziemlich flachgründig, verdichtet, schwach stauend
Herkunft/Alter des Materials	eigener Aushub, 1991-92
Bodenart Ober-/Unterboden	toniger Lehm, humos / k. A.
Bewirtschaftung	Weide
Beurteilung	Die obersten 12 cm des Oberbodens weisen einen mittleren Anteil an regenerierten Aggregattypen auf, die durch Lebendverbau gebildet wurden. In der darunterliegenden Schicht (12-24 cm) überwiegen anthropogen gepresste und physiologisch wenig wertvolle Aggregate. Unterhalb 24 cm liegt grösstenteils unverwitterter, verdichteter und unstrukturierter Aushub mit hohem Anteil an Kohärenzgefüge.
Referenzstandort	
Bodentyp	Braunerde
Gründigkeit/Wasserhaushalt	tiefgründig, normal perkoliert
Bodenart Ober-/Unterboden	Lehm / Lehm
Bewirtschaftung	Weide
Beurteilung	Das Profil weist im Oberboden markante Verdichtungen auf. Das Gefüge der obersten 12 cm ist leicht regeneriert, während die darunter liegende Schicht einen sehr hohen Anteil gepresster Aggregate zeigt. Die Veränderung des Bodengefüges ist auf eine nicht angepasste Bodennutzung durch Befahrung oder Weidetritt zurückzuführen; die Aggregate zeigen eine für Pressen typische Form. Der Unterboden weist für den Bodentyp Braunerde mit der Bodenart Lehm eine typische Gefügestruktur auf und zeigt keine Veränderungen.
Vergleich Auffüllung/ Referenzstandort	
	Die Auffüllung weist gegenüber der Referenz eine deutlich geringere physiologische Gründigkeit auf, als Folge einer unsachgemässen Rekulтивierung, willkürlich vermischte und gepresste Bodenschichten unterschiedlicher meist geogener Herkunft. Auf Grund der ungünstigen Voraussetzungen für die Gefügebildung wird sich die Auffüllung nur langfristig verbessern. Der ursprüngliche Standort wurde somit erheblich verschlechtert. Erwartete Zeitspanne: >10 Jahre.



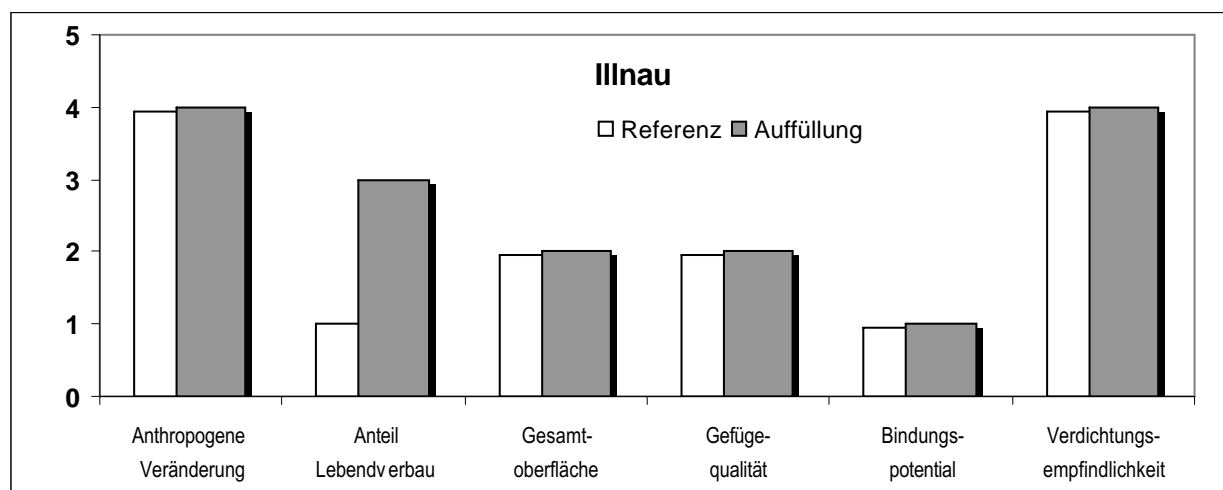
4.3 Ettenhausen

Auffüllung	
Gründigkeit/Wasserhaushalt	tiefgründig, schwach verdichtet normal perkoliert
Herkunft/Alter des Materials	externer Aushub unbekannter Herkunft, 1996
Bewirtschaftung	Wiese
Bodenart Ober-/Unterboden	Lehm, humos / toniger Lehm
Beurteilung	Das Profil weist einen Aufbau von Unter und Oberboden gemäss den Rekultivierungsrichtlinien auf. Der Oberboden zeigt bereits einen hohen Anteil an Aggregaten, die durch Lebendverbau gebildet sind. Im Unterboden hingegen überwiegen die anthropogen geprägten Aggregatformen noch. Die Auffüllung insgesamt zeigt jedoch deutliche Merkmale einer neuen Gefügebildung. Dieser Prozess dürfte in Anbetracht des günstigen Wasserhaushaltes und der Bodenart weiter gehen, so dass relativ kurzfristig die vollständige Neubildung eines natürlichen und stabilen Bodengefüges zu erwarten ist.
Referenzstandort	
Bodentyp	Kalkbraunerde, erodiert
Gründigkeit/Wasserhaushalt	sehr flachgründig, normal perkoliert
Bodenart Ober-/Unterboden	Lehm, humos
Bewirtschaftung	Wiese
Beurteilung	Das Profil weist im Oberboden eine intensive Bildung der Anlagerungsaggregate mit wenig anthropogenen Veränderungen auf. Im Unterboden ist hingegen eine sehr geringe Bodenbildung festzustellen, er ist nicht aggregiert, abrupt in das geologische Ausgangsmaterial übergehend und weist mit seinem Kohärentgefüge einen geringen Gefügewert auf.
Vergleich Auffüllung/ Referenzstandort	
	Die Auffüllung weist gegenüber dem Referenzstandort eine deutlich verbesserte Gründigkeit auf, so dass der Standort im Sinne der landwirtschaftlichen Nutzung insgesamt verbessert wurde. Da die Voraussetzungen für eine intensive Gefügebildung erfüllt sind, dürfte sich der Bodenwert der Auffüllung gegenüber dem Referenzstandort rasch verbessern. Erwartete Zeitspanne: 2 bis 5 Jahre



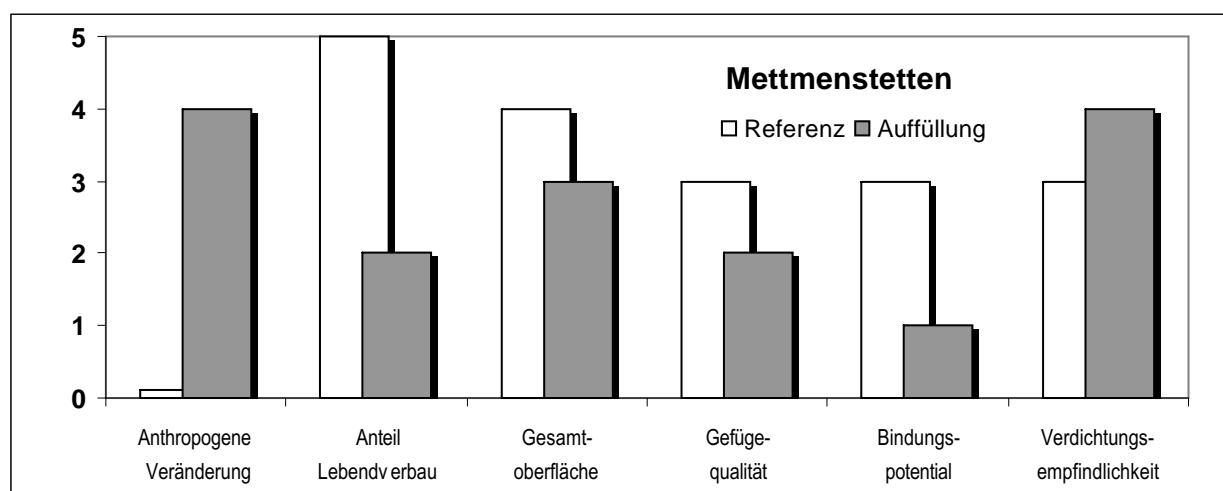
4.4 Illnau

Auffüllung	
Gründigkeit/Wasserhaushalt	tiefgründig, stauwasserbeeinflusst
Herkunft/Alter des Materials	externer Aushub unbekannter Herkunft, 1995-96
Bewirtschaftung	Wiese
Bodenart Ober-/Unterboden	Lehm, schwach humos
Beurteilung	Der Oberboden zeigt eine gute Erholung des Gefüges. Aus mässig anthropogen beeinflussten Aggregaten entwickelt sich Anlagerungsgefüge mit günstigen Eigenschaften. Der Unterboden besteht teilweise aus physikalisch verwittertem Aushub, weist dementsprechend einen hohen Anteil an ungünstigem Grundgefüge auf und zeigt erst einen geringen Anteil an natürlichen Aggregaten. Dennoch sind die Ansätze zur Neubildung deutlich. Eine vollständige Neubildung und damit auch Perkolation sind zu erwarten.
Referenzstandort	
Bodentyp	Braunerde-Pseudogley
Gründigkeit/Wasserhaushalt	mässig tiefgründig, stauwasser geprägt
Bodenart Ober-/Unterboden	lehmiger Ton, humos / toniger Lehm
Bewirtschaftung	Wiese
Beurteilung	Dieser Boden ist infolge des geringen Sickerporenanteils natürlicherweise stauend und deshalb anfällig auf Belastungen. Befahren in feuchtem Zustand führt zu Verdichtungen. Erwartungsgemäss zeigen sich am gesamten Oberboden, jedoch besonders auffällig am Übergang zum Unterboden stark gepresste Aggregate, die auf Verdichtungen schliessen lassen. Der Unterboden weist ein für den Bodentyp mit ungünstigem Wasserhaushalt (Staunässe) entsprechend grobes Polyeder- und Prismengefüge von geringer Qualität auf.
Vergleich Auffüllung/ Referenzstandort	Mit der Auffüllung konnte der Standort bisher nur geringfügig verbessert werden, indem Material günstigerer Bodenart eingebracht und so die Tendenz zur Staunässe teilweise behoben wurde. Langfristig wird sich das Gefüge neu bilden und eine markante Verbesserung bringen. Erwartete Zeitspanne: 5 bis 10 Jahre



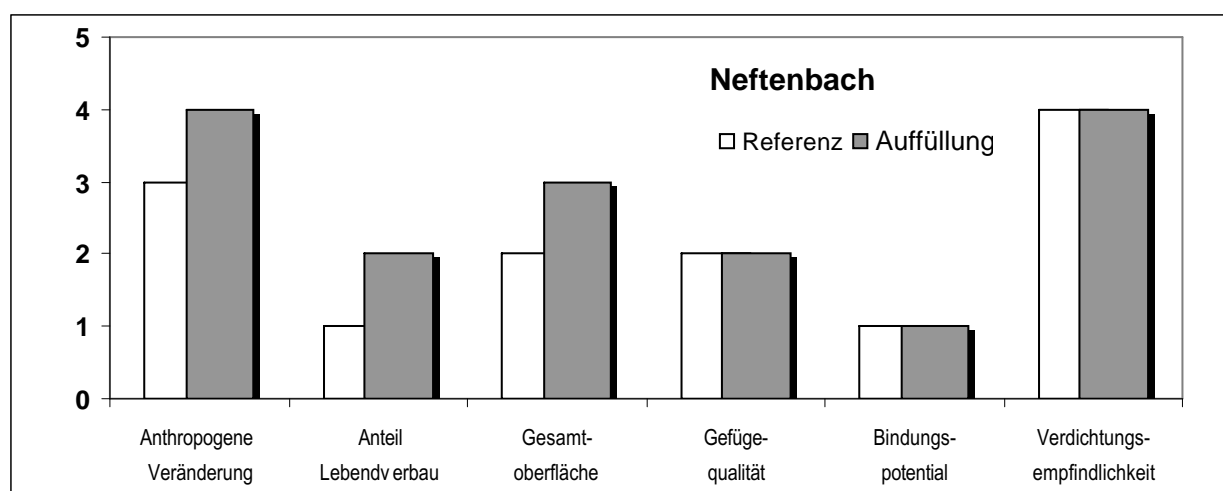
4.5 Mettmenstetten

Auffüllung	
Gründigkeit/Wasserhaushalt	ziemlich flachgründig, verdichtet
Herkunft/Alter des Materials	externer Aushub, vorwiegend Moräne, C-Horizont, 1995
Bewirtschaftung	Weide
Bodenart Ober-/Unterboden	Lehm, humos / sandiger Lehm
Beurteilung	Der Oberboden ist bereits neu strukturiert und zeigt nur noch einen kleinen Anteil an anthropogen beeinflussten Aggregaten. Der Unterboden zeigt jedoch eine nach unten rasch abnehmende Intensität der Gefügebildung, und im untersten Teil des Profils entsprechend dem Ausgangsmaterial (C-Horizont) nur noch geogenes Grundgefüge ohne Aggregatbildung.
Referenzstandort	
Bodentyp	Braunerde-Gley
Gründigkeit/Wasserhaushalt	mässig tiefgründig , grundwassergeprägt
Bodenart Ober-/Unterboden	Lehm, humos
Bewirtschaftung	Wiese
Beurteilung	Der Oberboden weist dank der sorgfältigen Nutzung als Wiese eine hohe autochtone Gefügebildung auf. Verdichtungen sind nicht feststellbar. Im Unterboden ist entsprechend dem ungünstigen Wasserhaushalt das Gefüge in grossen Prismen aggregiert und von geringer Qualität.
Vergleich Auffüllung/ Referenzstandort	
	Mit der Auffüllung wurde zwar der Wasserhaushalt günstig verändert, die physiologische Gründigkeit und damit der Bodenwert haben deutlich abgenommen. Die Situation zeigt, dass bei grundwassergeprägten Böden mit einer Auffüllung zwar der Wasserhaushalt verbessert werden kann, indem damit die Voraussetzung für eine günstige Entwicklung des Gefüges geschaffen wird. Im Unterboden der Auffüllung ist eine Aggregation kaum zu erwarten. Erwartete Zeitspanne: >15 Jahre



4.6 Neftenbach

Auffüllung	
Gründigkeit/Wasserhaushalt	tiefgründig, stauwasserbeeinflusst
Herkunft / Alter des Materials	externer Aushub, 1994
Bodenart Ober-/Unterboden	toniger Lehm/Lehm
Bewirtschaftung	Acker
Beurteilung	Der Oberboden ist sehr gut strukturiert mit einem hohen Anteil an lebendverbauten Aggregaten, die Folgen der Rekultivierung sind grösstenteils regeneriert. Im Unterboden sind hingegen noch deutlich hohe Anteile an anthropogen beeinflussten Aggregaten feststellbar. Die langsame Neubildung der Aggregate ist eine Folge des starken Pressens und der Vermischung genetisch verschiedener Bodenschichten beim Auffüllen.
Referenzstandort	
Bodentyp	Braunerde-Pseudogley
Gründigkeit/Wasserhaushalt	mässig tiefgründig, stauwasser geprägt
Bodenart Ober-/Unterboden	toniger Lehm, schwach humos
Bewirtschaftung	Acker
Beurteilung	Dieses Profil zeigt wiederum die typische Aggregierung infolge der Bewirtschaftung: Verdichtungen am Übergang vom Ober- zum Unterboden. Im Unterboden sind sehr grosse Aggregate als Folge des ungünstigen Staunässe zu finden.
Vergleich Auffüllung/ Referenzstandort	Das Gefüge der Auffüllung ist infolge der Verbesserung des Wasserhaushaltes geringfügig besser als am Referenzstandort. Mit sorgfältiger Schichtung und Befahrung beim Auffüllen hätte ein besseres Resultat erzielt werden können. Die Gefügequalität verbessert sich nur langfristig. Erwartete Zeitspanne: 5 bis 10 Jahre



5 Interpretation der Ergebnisse

5.1 Verbesserung von Standorten

Geländeauffüllungen sollen die natürlichen Standortverhältnisse zu verbessern. Physiologisch tiefgründige Böden mit normalem Wasserhaushalt, also pflanzenbaulich wertvolle Standorte wie z.B. **Dettenried**, sind jedoch nicht verbesserbar und somit auch für Geländeauffüllungen ungeeignet. Der aufgebrachte Aushub muss ganz bestimmten Anforderungen genügen und beim Rekultivieren ist nach bestimmten Regeln vorzugehen.

5.2 Aufbau der Auffüllungen

Die Beispiele **Brütten** und **Mettmenstetten** zeigen, dass der Unterboden aus physikalisch verwittertem Bauaushub erstellt wurde. Der Wasserhaushalt wurde zwar verbessert, nicht hingegen die physiologische Gründigkeit. Die Beschaffenheit des Unterbodens ist wesentlich für die Gefüge- und Bodenbildung.

Bodenfremder Aushub, willkürlich vermischte Bodenschichten mit unterschiedlicher Entstehung und unterschiedlichen Eigenschaften sowie Pressen beim Einbringen sind die Hauptursachen dafür, dass sich das Bodengefüge nur sehr verzögert regeneriert und neu bildet.

5.3 Bodenmaterial

Wesentliche Anforderungen sind an die Bodenart zu stellen. Die Körnung sollte innerhalb eines günstigen Bereiches liegen, z. B. sandiger Lehm oder Lehm (15 bis 30 % Ton und 20 bis 35 % Schluff). Die natürlichen Schichten des Bodens sollten erhalten bleiben und nicht durchmischt werden. Es darf auch kein organisches Material in nicht vollständig durchlüfteten Unterboden eingebracht werden.

Die Standorte **Illnau** und **Neftenbach** zeigen, dass ortsfremdes Bodenmaterial mit günstigen Eigenschaften zu einer Verbesserung des Standortes führen kann, indem der ursprüngliche Staueffekt behoben wird. Bei stauendem Boden entwickelt sich das Bodengefüge nur sehr langsam und zu grossen, physiologisch ungünstigen Aggregaten. Wenn solches dicht gelagertes Material verwendet wird, zeigt sich zwar unmittelbar nach erfolgter Rekultivierung eine Verbesserung, wenn der Boden künstlich gelockert ist. Nach erfolgter Setzung wird sich der ursprüngliche Zustand mit der Staunässe wieder einstellen.

Mit Hilfe der Bodengefügeanalyse sind diese Phänomene festzustellen, und der ungünstigen Entwicklung kann rechtzeitig vorgebeugt werden.

5.4 Rekultivierungstechnik und Folgebewirtschaftung

Voraussetzung für das Gelingen einer Rekultivierung ist, dass die Regeln der Rekultivierungstechnik befolgt werden. Der Standort **Ettenhausen** kann als Beispiel einer sachgerechten Auffüllung dienen; ihr Zustand des Bodengefüges entspricht einer tiefgründigen und gut durchlässigen Braunerde. Der gute Zustand der Auffüllung zeigt, dass bei der Rekultivierung und der Folgebewirtschaftung sachgemäss gearbeitet und der Boden nicht gepresst oder geknetet wurde. Das Beispiel zeigt auch, dass sich das Gefüge unter optimalen Bedin-

gungen schnell regeneriert und sich innerhalb von sechs Jahren ein stabiler Bodenkörper entwickelt.

Mit Hilfe der Bodengefügeanalyse ist der aktuelle Zustand genau feststellbar. Davon lassen sich Rückschlüsse auf das Vorgehen bei der Rekultivierung ziehen. Ebenfalls lässt sich vom Befund des Bodengefüges *vor* dem Aushub im Vergleich zum Zustand *nach* der Auffüllung oder Rekultivierung eine Prognose für die weitere Bodenentwicklung ableiten. Auf diese Weise können mit einer einfachen und zuverlässigen Feldmethode Rekultivierungsverfahren optimiert werden.

14.02.03/Pa,MP

Glossar

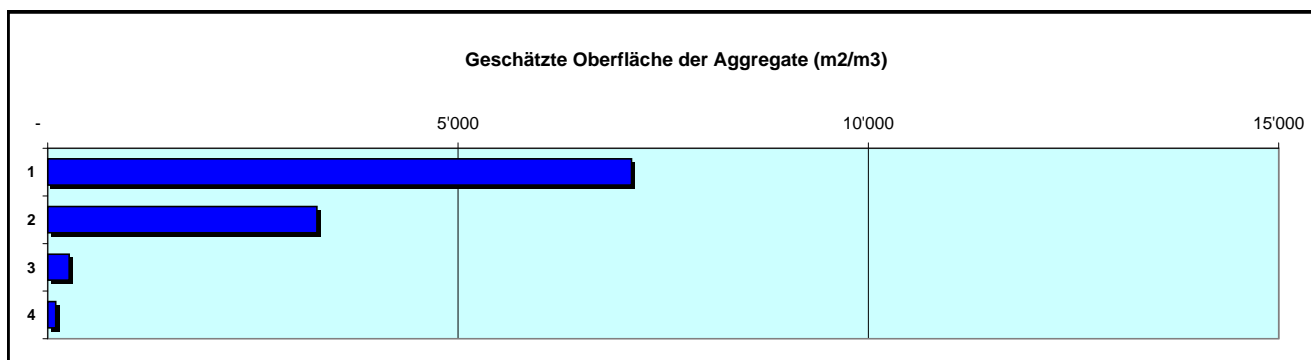
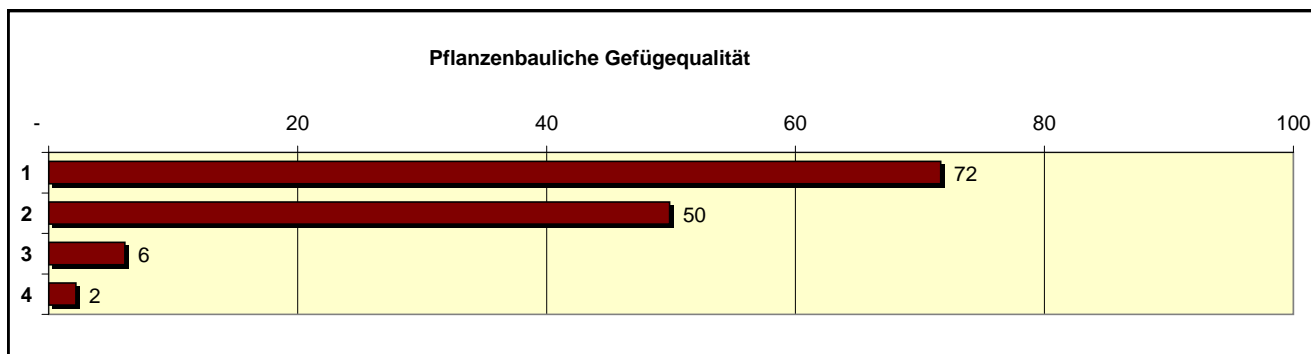
Aggregat	(Synonym: Bodenteilchen); Aggregate bestehen aus mineralischen Bestandteilen, lebender und abgestorbener organischer Substanz sowie Hohlräumen. Sie sind durch inneren Zusammenhalt mehr oder weniger stabil und von den umgebenden Aggregaten abgegrenzt.
Aggregattyp	Aggregate ähnlicher Form, Oberflächengestalt und Entstehung sind zu Typen zusammengefasst. Beispiele: Krümel, Bröckel, Polyeder, Prismen.
Bodengefüge	(Synonym: Bodenstruktur); Art der Aggregate und ihrer räumlichen Anordnung inkl. der Hohlräume im Boden
Festigkeit	Druckfestigkeit der Aggregate, wird durch Fingerprobe ermittelt und in einer fünfstufigen Skala festgehalten
Fraktionierung	Bestimmen der Verteilung der Aggregatgrößen mittels Sieben und Wägen
Gefügequalität (Gefügewert)	Physiologischer Wert des Bodengefüges auf einer Skala von 1 bis 100 Punkten, wird ermittelt aus dem relativen Wert der einzelnen Aggregattypen und ihren Anteilen am Gefüge. Vergleichbar mit der Bodenpunktzahl.
Zusammenhalt	Bindungskraft zwischen den Aggregaten im Gefüge. Sie wird mit Hilfe der Fallprobe ermittelt

Anhang

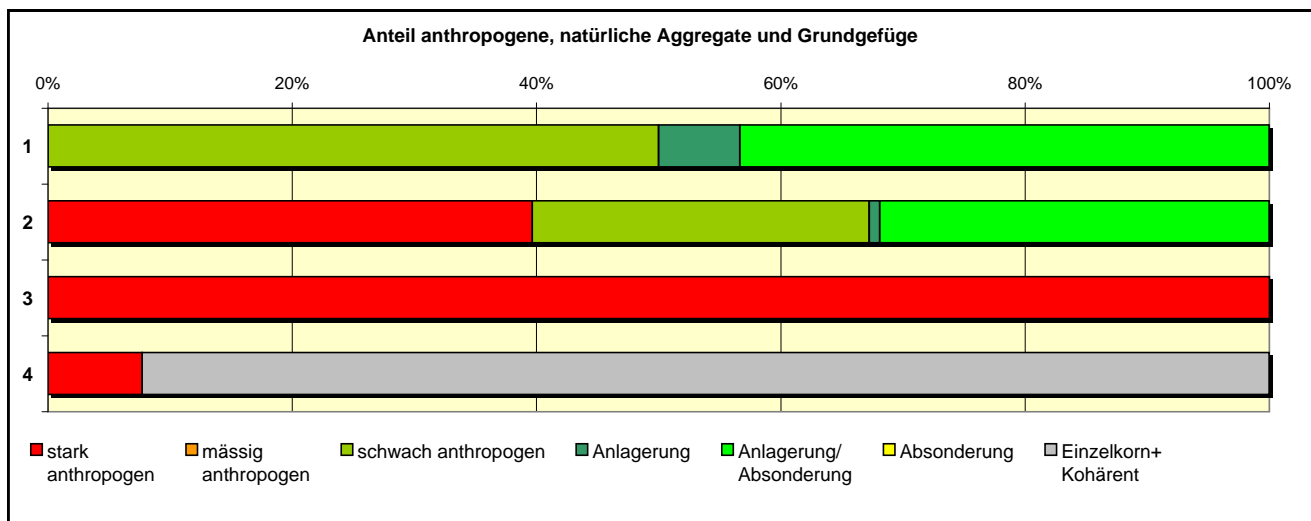
Standorte: Auswertungen und Diagramme

Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	1996	Datum	15.10.01
Standort	Brütten	Herkunft Material	eigener Aushub	Aufnahme	MP
Profil	Auffüllung	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Auffüllung (dX)	Vegetation	Wiese		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m ² /m ³
1	Ah	0	12	12	5.8	33	33	1	72	7'113
2	Ah(x)	12	24	12	5.8	33	33	1	50	3'278
3	C/BCrx	24	36	12	4.2	18	37	1	6	260
4	C/BCrx	36	50	14	4.2	18	37	1	2	99
Total				50					31	

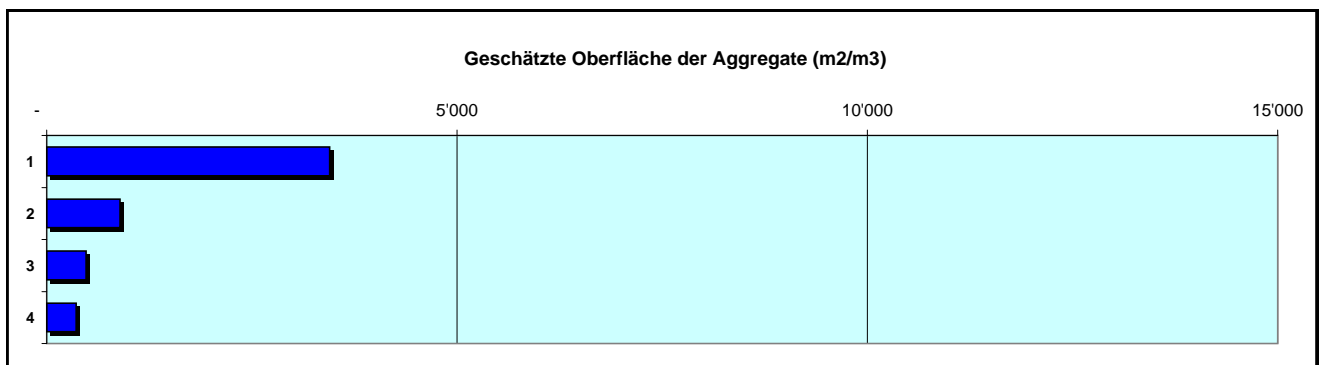
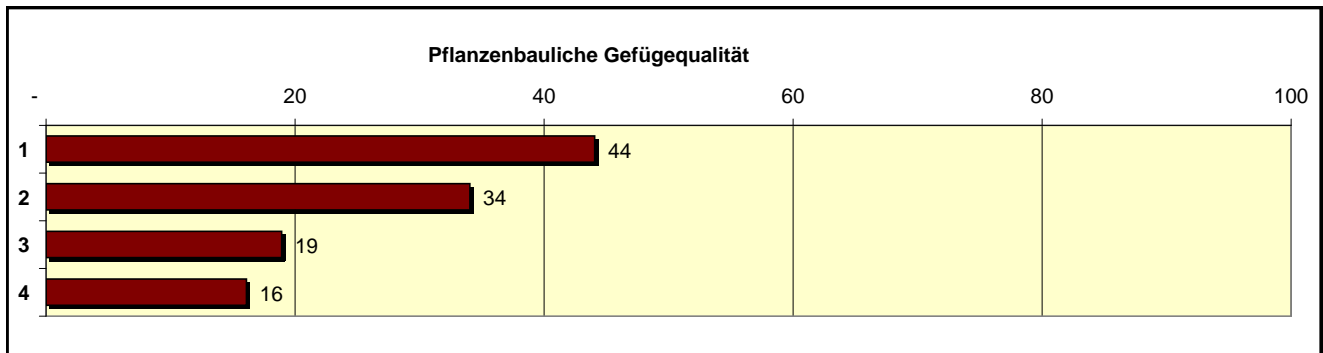


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+Kohärent
1	Ah	12	0%	0%	50%	7%	43%	0%	0%
2	Ah(x)	12	40%	0%	28%	1%	32%	0%	0%
3	C/BCrx	12	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4	C/BCrx	14	8%	0%	0%	0%	0%	0%	92%
Total		50	36%	0%	19%	2%	18%	0%	26%

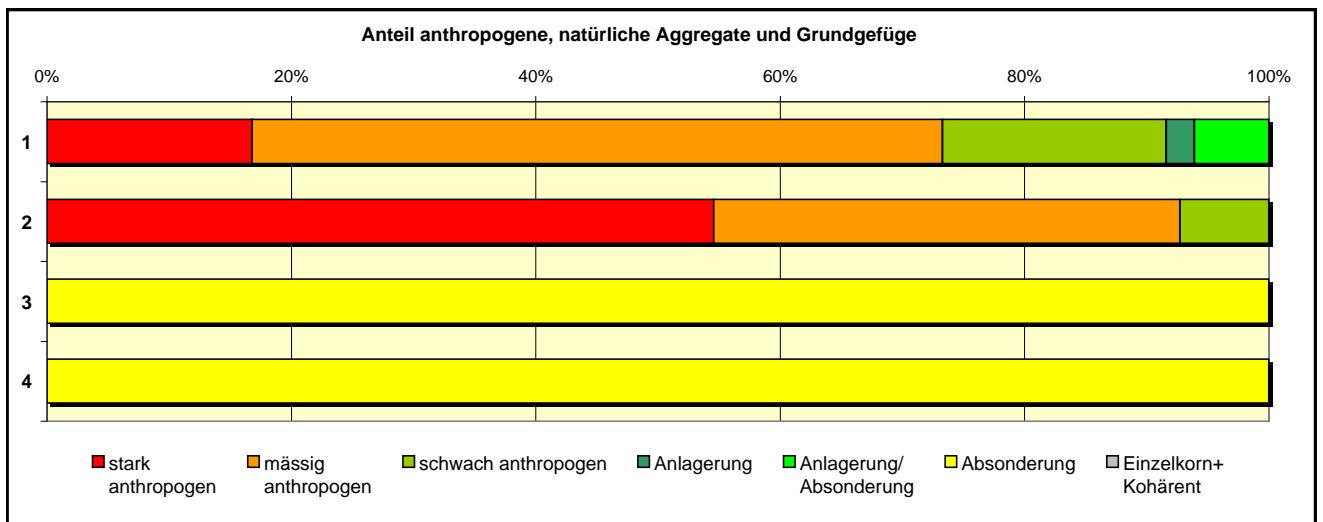


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)		Datum	15.10.01
Standort	Brütten	Herkunft Material		Aufnahme	MP
Profil	Referenz	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Buntgley (yW-L2)	Vegetation	Wiese		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah(x)	0	12	12	5	30	38	1	44	3'448
2	Ahx	12	24	12	5	30	38	1	34	894
3	BCg gx	24	36	12	3.1	28	39	1	19	479
4	BCg gx	36	50	14	1.2	28	40	1	16	359
Total				50					28	5'180

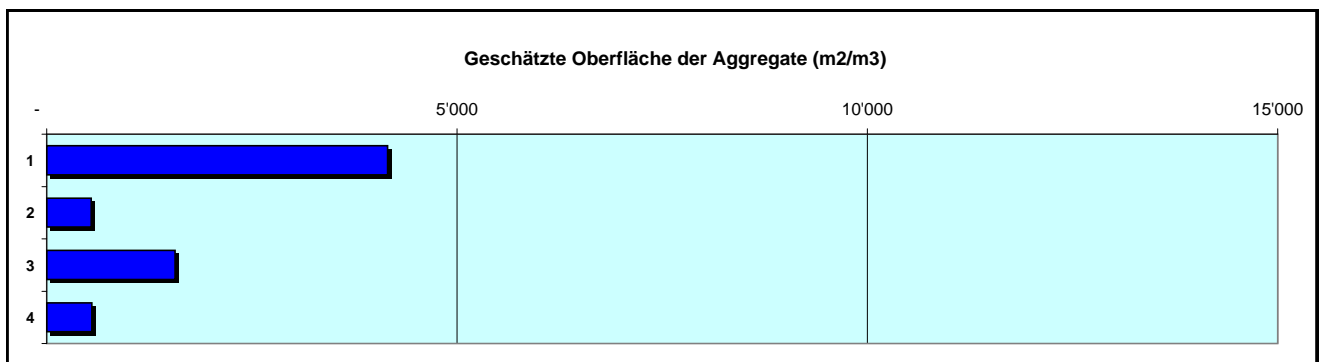
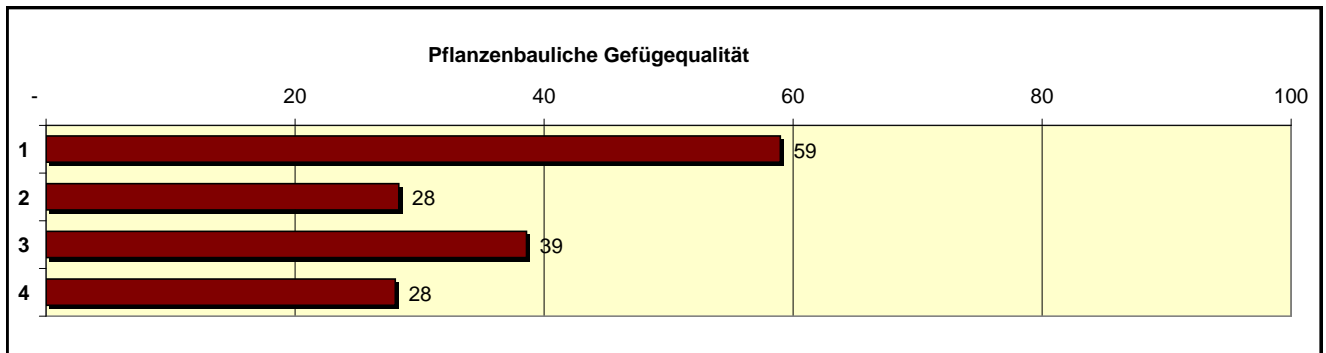


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	Ah(x)	12	17%	56%	18%	2%	6%	0%	0%
2	Ahx	12	55%	38%	7%	0%	0%	0%	0%
3	BCg gx	12	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
4	BCg gx	14	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Total		50	17%	23%	6%	1%	1%	52%	0%

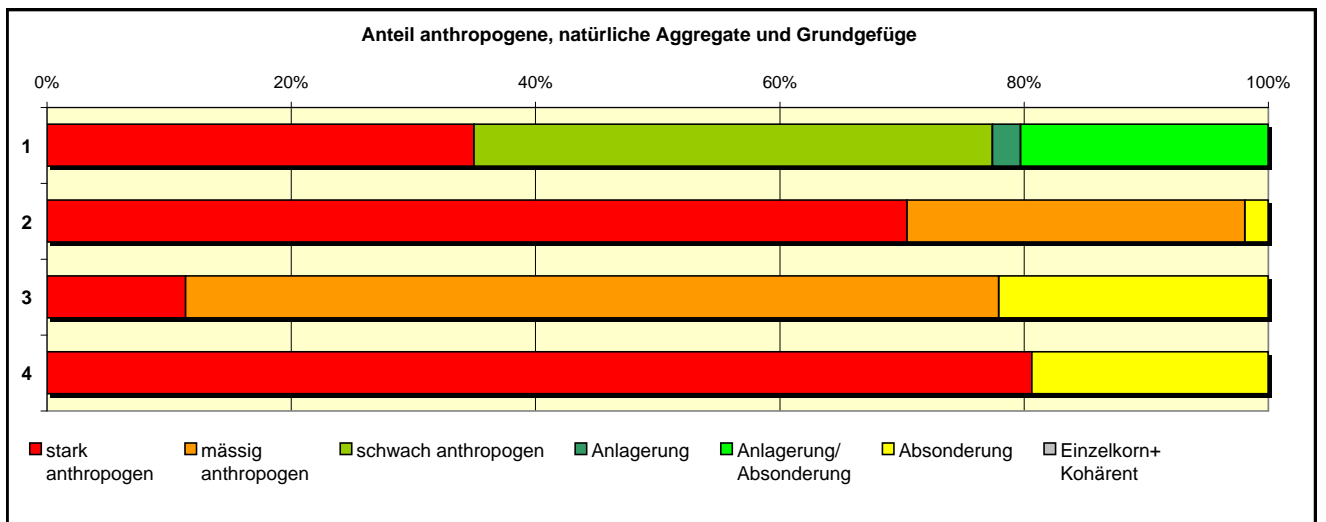


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	1991-92	Datum	04.04.02
Standort	Dettenried	Herkunft Material	eigener Aushub	Aufnahme	MP/Pa
Profil	Auffüllung	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Auffüllung (dX)	Vegetation	Weide		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	A/B	0	12	12	4	29	34	2	59	4'152
2	A/B/C	12	24	12	0.5	32	35	2	28	541
3	A/B/C	24	36	12					39	1'563
4	A/B/C	36	50	14					28	551
Total				50					38	6'808

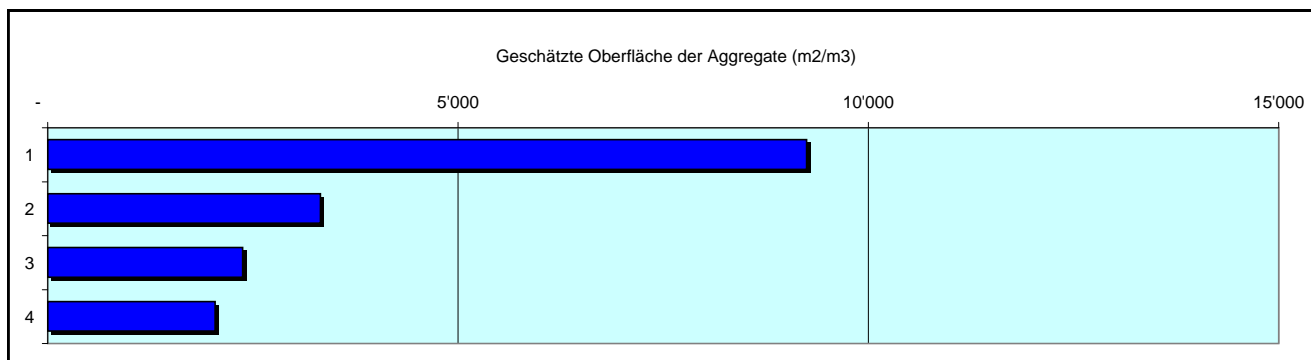
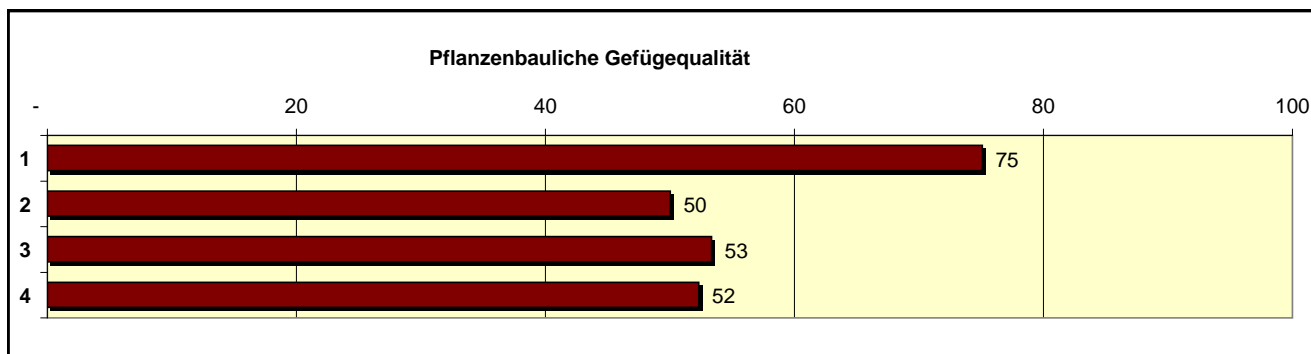


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	A/B	12	35%	0%	42%	2%	20%	0%	0%
2	A/B/C	12	70%	28%	0%	0%	0%	2%	0%
3	A/B/C	12	11%	67%	0%	0%	0%	22%	0%
4	A/B/C	14	81%	0%	0%	0%	0%	19%	0%
Total		50	51%	23%	10%	1%	5%	11%	0%

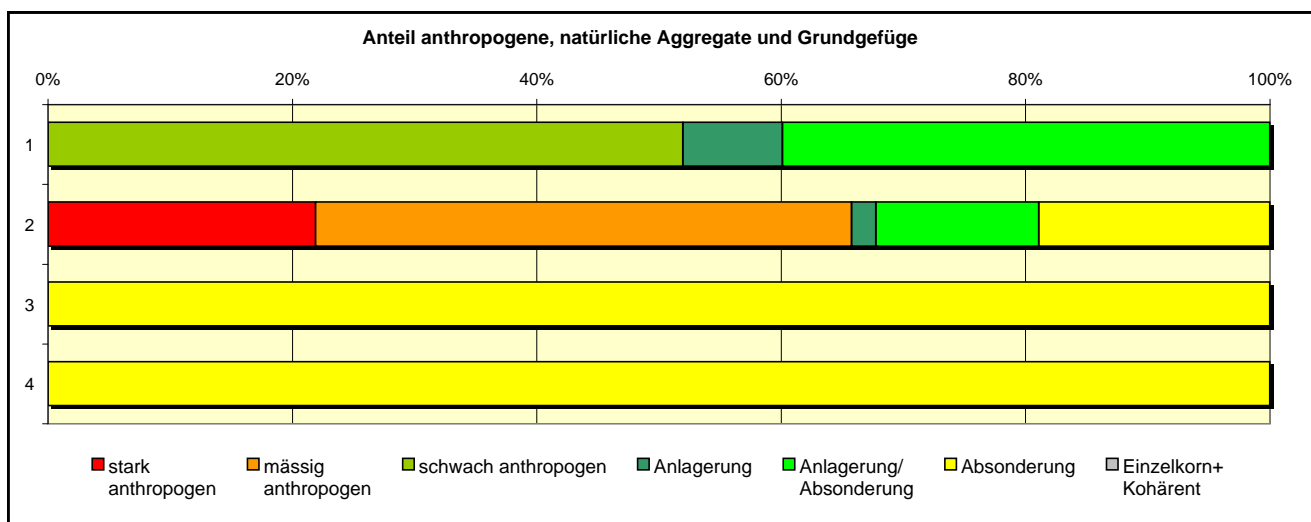


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	-	Datum	04.04.02
Standort	Dettenried	Herkunft Material		Aufnahme	MP/Pa
Profil	Referenz	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Braunerde (bB-KE)	Vegetation	Weide		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah1	0	12	12	4	28	37	2	75	9'247
2	Ah2	12	24	12	3.5	28	37	2	50	3'322
3	AB(X)	24	36	12	1.5	27	38	2	53	2'374
4	Bw	36	50	14	0.2	22	39	2	52	2'041
Total				50					57	16'985

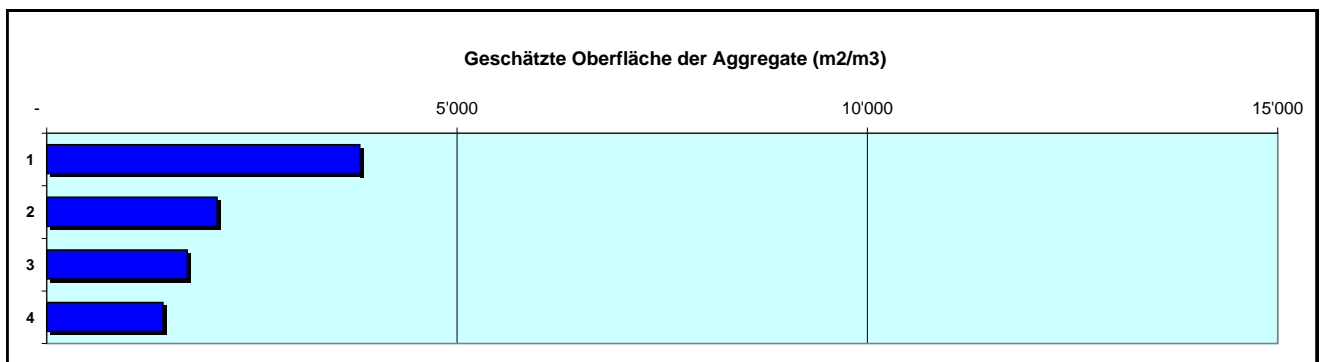
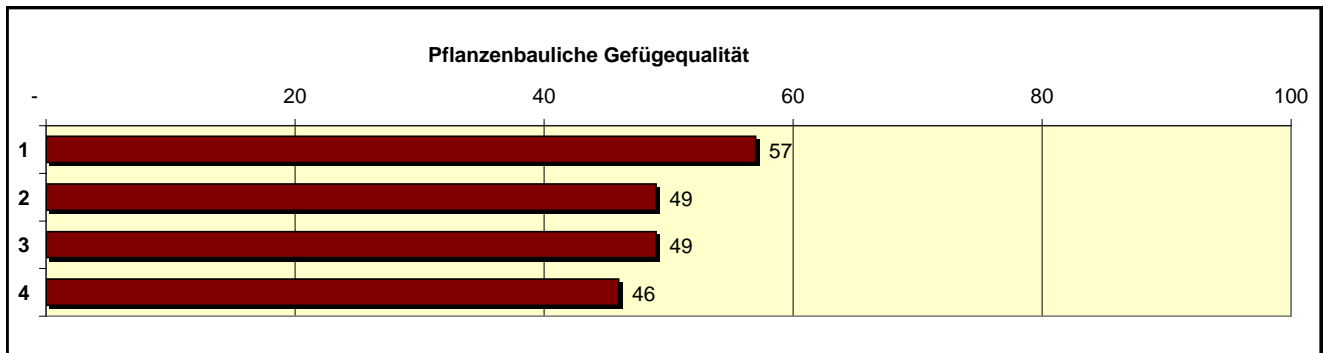


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+Kohärent
1	Ah1	12	0%	0%	52%	8%	40%	0%	0%
2	Ah2	12	22%	44%	0%	2%	13%	19%	0%
3	AB(X)	12	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
4	Bw	14	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Total		50	5%	11%	12%	2%	13%	57%	0%

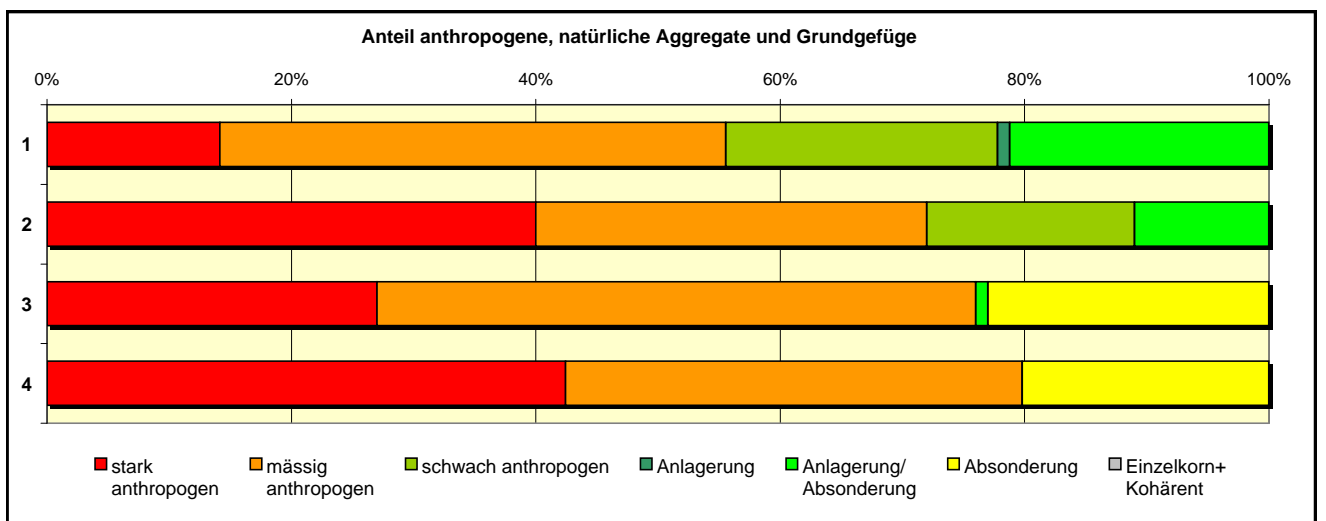


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	1996	Datum	15.11.01
Standort	Ettenhausen	Herkunft Material	externer Aushub	Aufnahme	MP
Profil	Auffüllung	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Auffüllung (bX)	Vegetation	Wiese		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah1	0	12	12	4.7	28	33	1	57	3'813
2	Ah2	12	24	12	4.7	28	33	1	49	2'074
3	Bw	24	36	12	1	30	32	1	49	1'713
4	Bw	36	50	14	1	30	32	1	46	1'415
Total				50					50	9'015

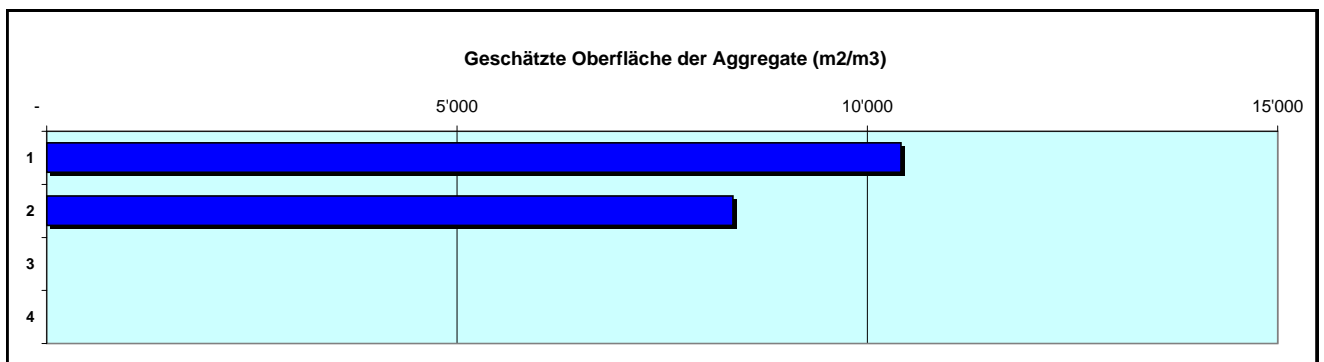
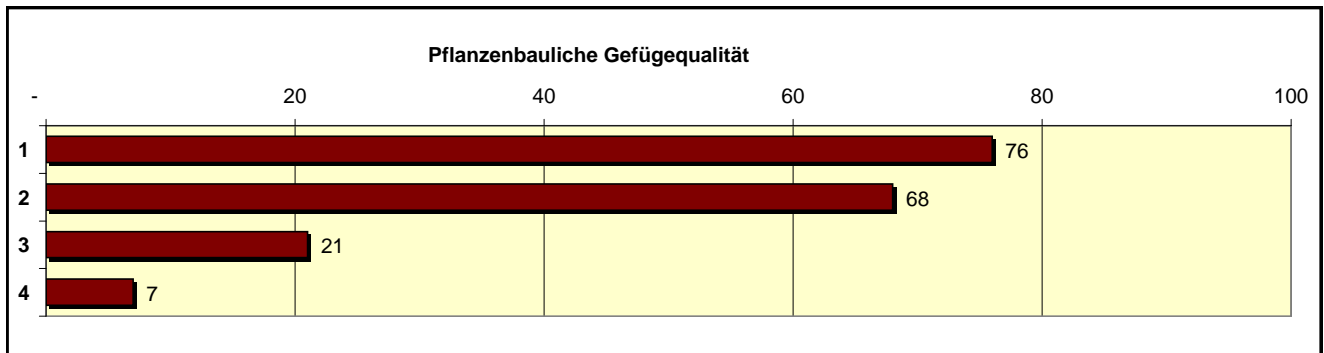


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+Kohärent
1	Ah1	12	14%	41%	22%	1%	21%	0%	0%
2	Ah2	12	40%	32%	17%	0%	11%	0%	0%
3	Bw	12	27%	49%	0%	0%	1%	23%	0%
4	Bw	14	42%	37%	0%	0%	0%	20%	0%
Total		50	31%	39%	10%	0%	8%	11%	0%

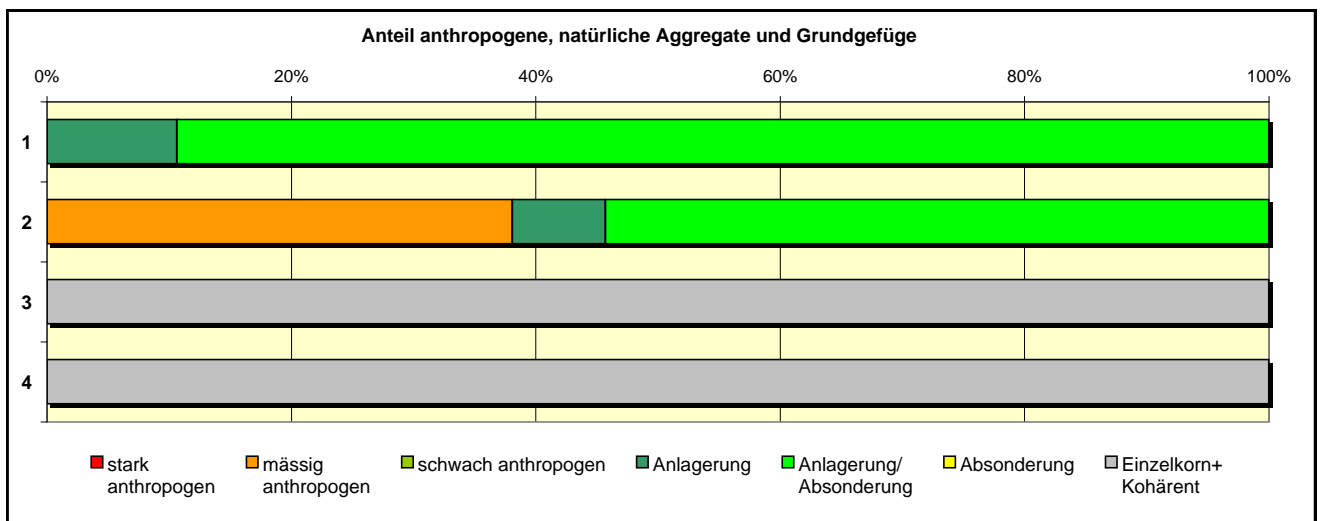


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	-	Datum	27.08.01
Standort	Ettenhausen	Herkunft Material		Aufnahme	MP
Profil	Referenz	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Kalkbraunerd eKPE	Vegetation	Wiese		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah1	0	12	12	4.7	28	33	1	76	10'409
2	Ah2	12	24	12	4.7	28	33	1	68	8'363
3	Bw	24	36	12	1	30	32	1	21	-
4	Bw	36	50	14	1	30	32	1	7	-
Total				50					42	18'915

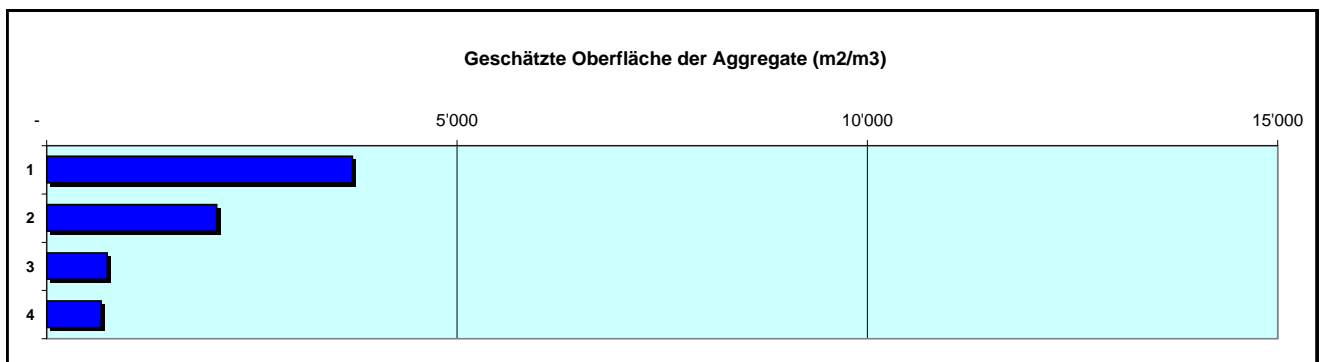
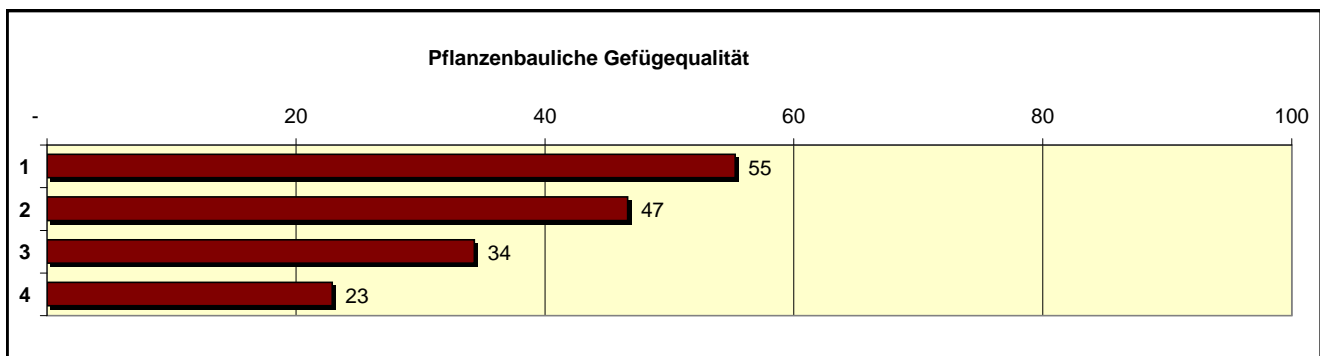


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	Ah	12	0%	0%	0%	11%	89%	0%	0%
2	Ah(x)	12	0%	38%	0%	8%	54%	0%	0%
3	BC	12	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
4	CRx	14	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Total		50	0%	9%	0%	4%	34%	0%	52%

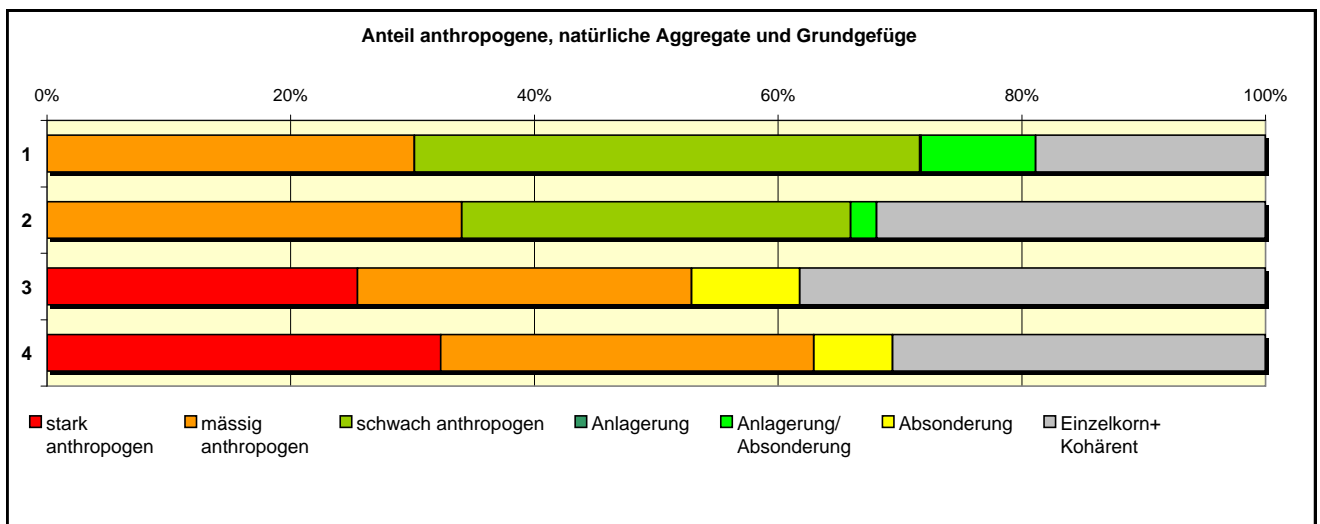


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	1995-96	Datum	06.09.01
Standort	Illnau	Herkunft Material	externer Aushub	Aufnahme	MP
Profil	Auffüllung	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Auffüllung (fX)	Vegetation	Wiese		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah1	0	12	12	3.8	22	28	2	55	3'726
2	Ah2	12	24	12	3.8	22	28	2	47	2'070
3	AB/BCg	24	36	12	0.9	20	32	2	34	739
4	BC(x)(g)	36	50	14					23	664
Total				50					39	7'199

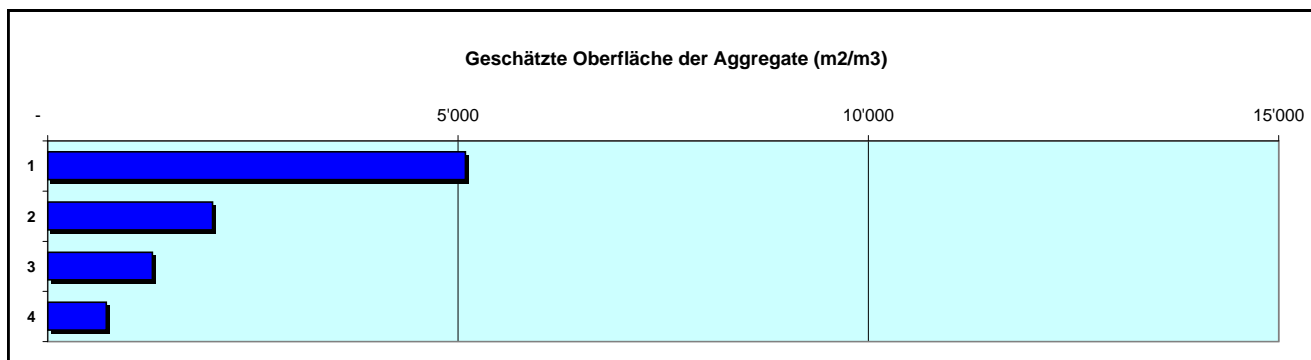
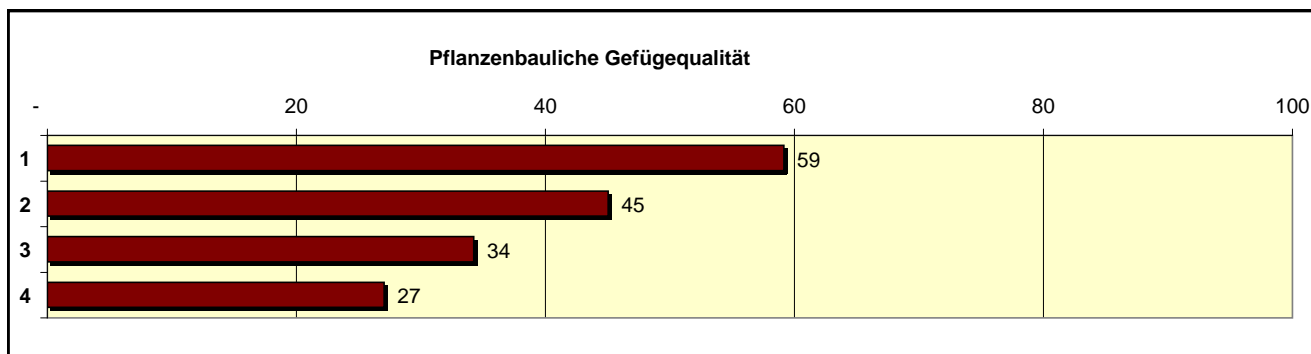


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	Ah1	12	0%	30%	41%	0%	9%	0%	19%
2	Ah2	12	0%	34%	32%	0%	2%	0%	32%
3	AB/BCg	12	25%	27%	0%	0%	0%	9%	38%
4	BC(x)(g)	14	32%	31%	0%	0%	0%	6%	31%
Total		50	15%	31%	18%	0%	3%	4%	30%

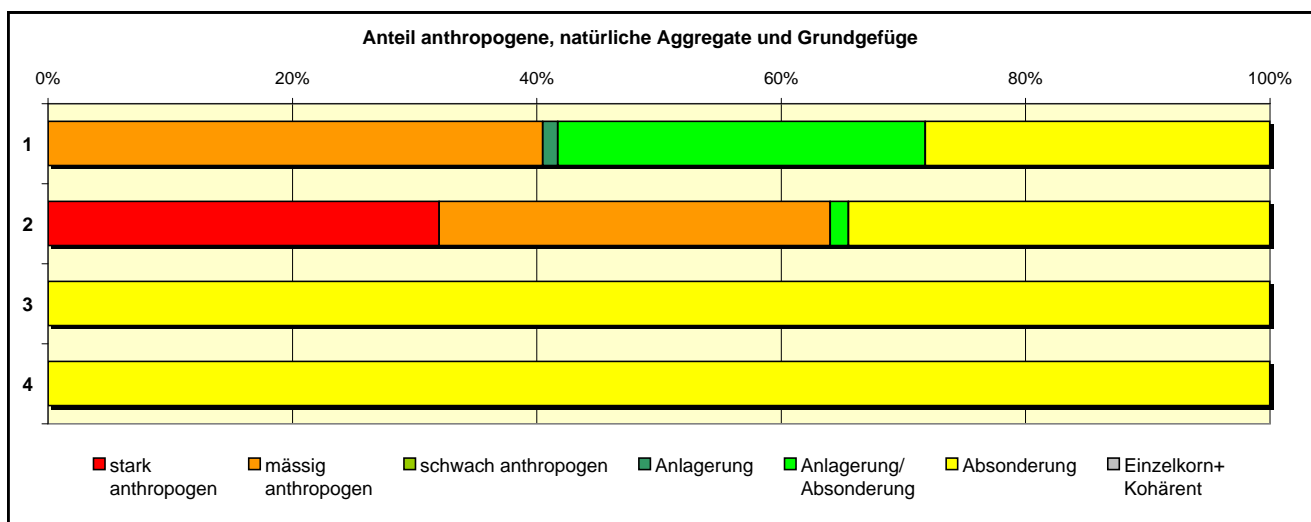


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	-	Datum	06.09.01
Standort	Illnau	Herkunft Material		Aufnahme	MP
Profil	Referenz	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Braunerde-Pseudogley (oY)	Vegetation	Wiese		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah	0	12	12	6.7	44	35	-	59	5'089
2	Ahcn(x)	12	24	12	6.7	44	35	-	45	2'010
3	Bg(g)x	24	36	12	1.6	38	40	-	34	1'274
4	Bggx	36	50	14					27	712
Total				50					41	9'086

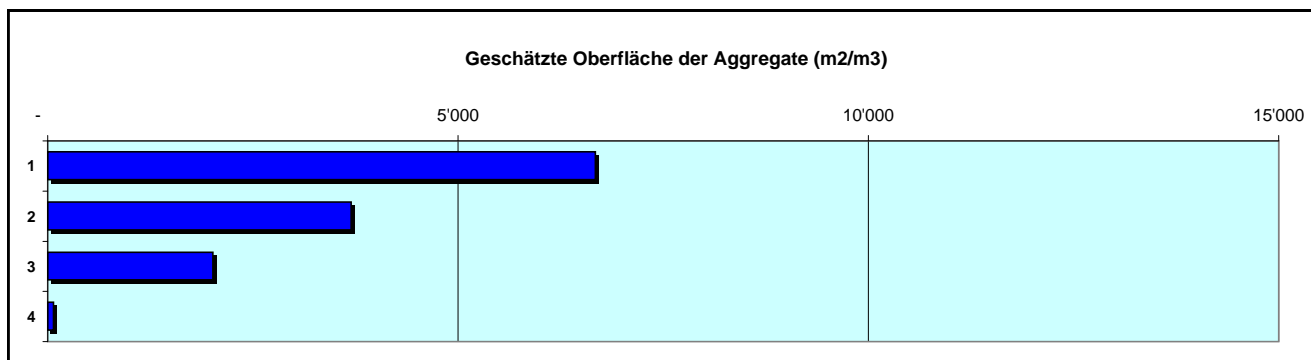
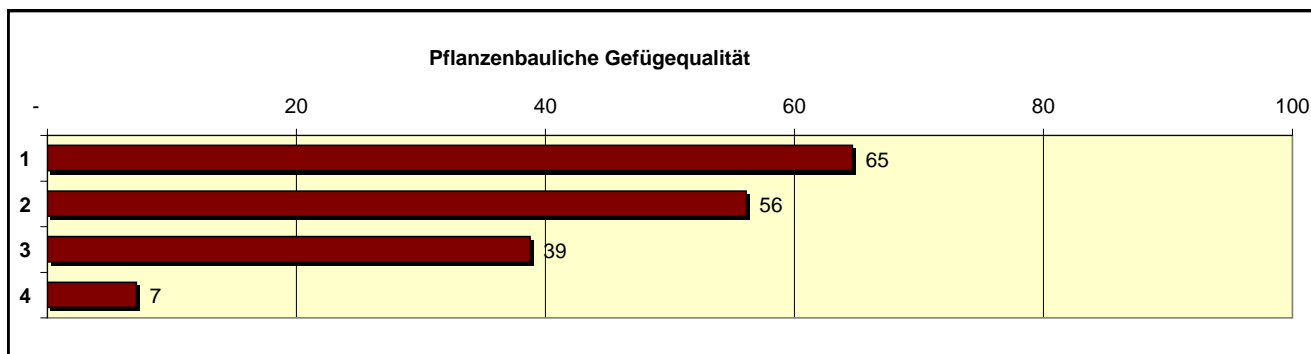


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	Ah	12	0%	40%	0%	1%	30%	28%	0%
2	Ahcn(x)	12	32%	32%	0%	0%	2%	35%	0%
3	Bg(g)x	12	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
4	Bggx	14	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Total		50	8%	17%	0%	0%	8%	67%	0%

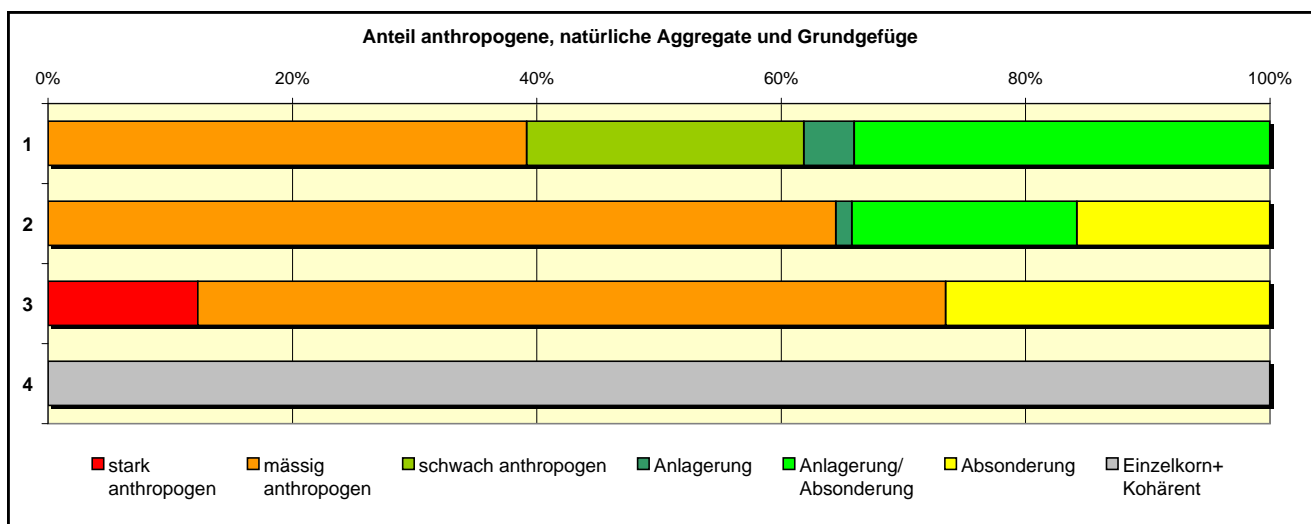


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	1995	Datum	12.09.01
Standort	Mettmensjetten	Herkunft Material	Moräne, überw. C - Horizont	Aufnahme	MP
Profil	Auffüllung	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Auffüllung (dX)	Vegetation	Weide		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah	0	12	12	7.8	21	34	2	65	6'672
2	Ah(x)	12	24	12	6.5	20	32	4	56	3'696
3	AC/C(x)	24	36	12	0.2	14	25	4	39	2'013
4	Cx	36	50	14	0	8	23	4	7	71
Total				50					40	12'453

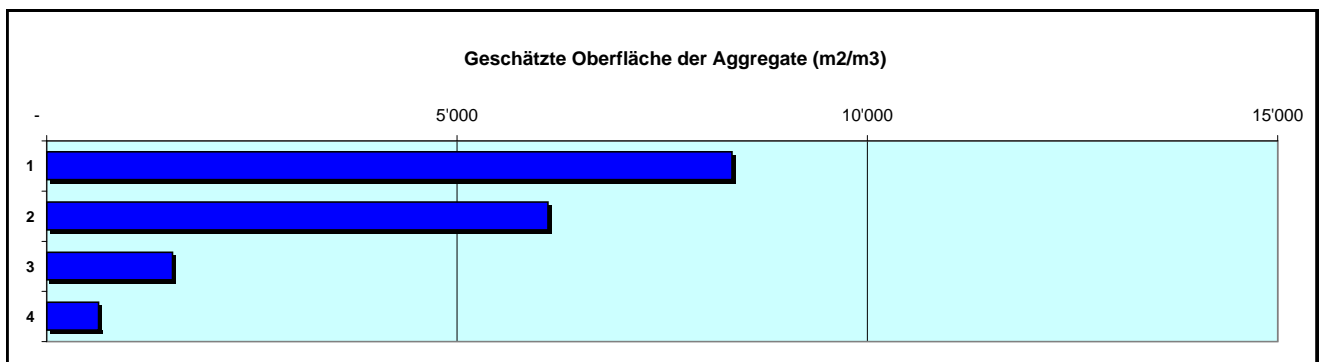
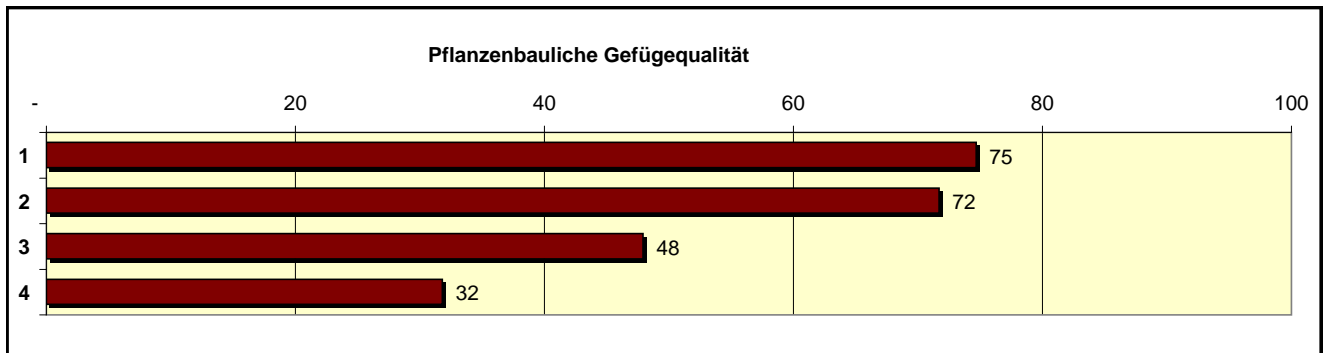


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	Ah	12	0%	39%	23%	4%	34%	0%	0%
2	Ah(x)	12	0%	64%	0%	1%	18%	16%	0%
3	AC/C(x)	12	12%	61%	0%	0%	0%	27%	0%
4	Cx	14	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Total		50	3%	40%	5%	1%	13%	10%	28%

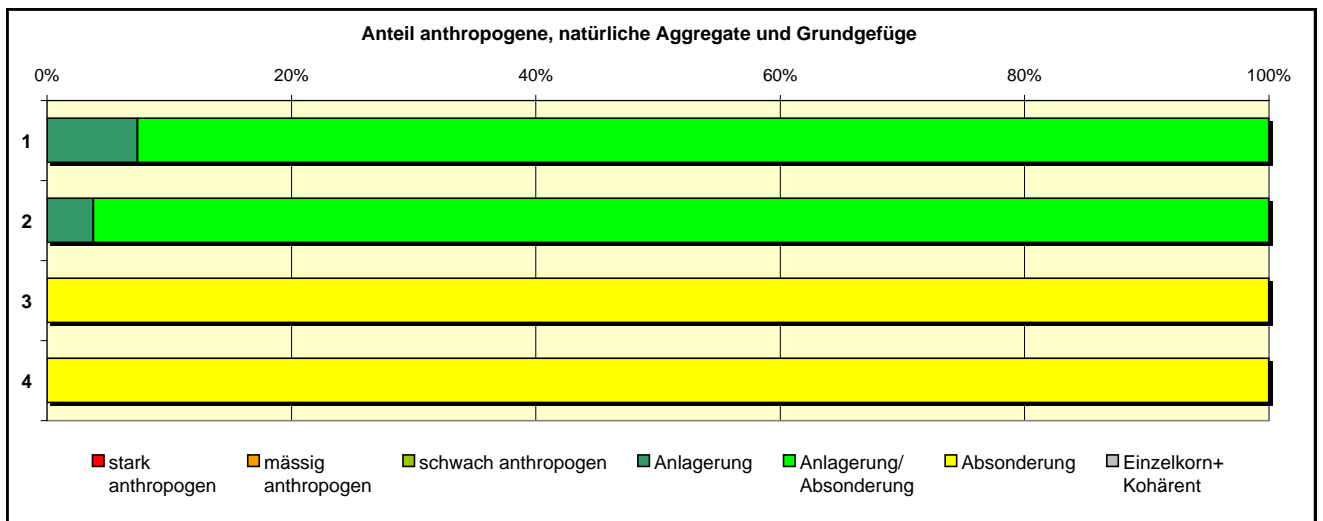


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	-	Datum	12.09.01
Standort	Mettmenstetten	Herkunft Material		Aufnahme	MP
Profil	Referenz	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Braunerde-Gley (tV)	Vegetation	Dauerwiese		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah	0	12	12	7.8	21	34	1	75	8'348
2	Ahg	12	24	12	7.8	21	34	1	72	6'106
3	Abg	24	36	12	3.5	21	38	1	48	1'531
4	Bgg	36	50	14	3.5	21	38	1	32	632
Total				50					56	16'618

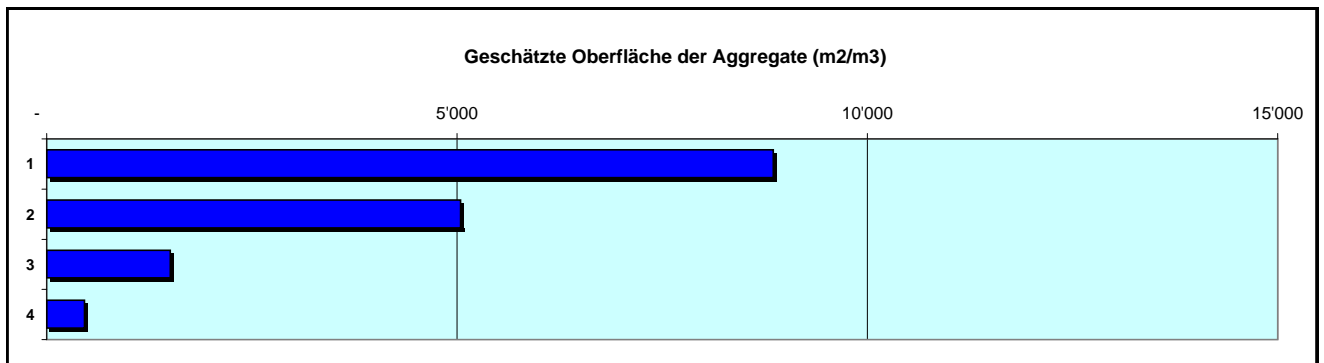
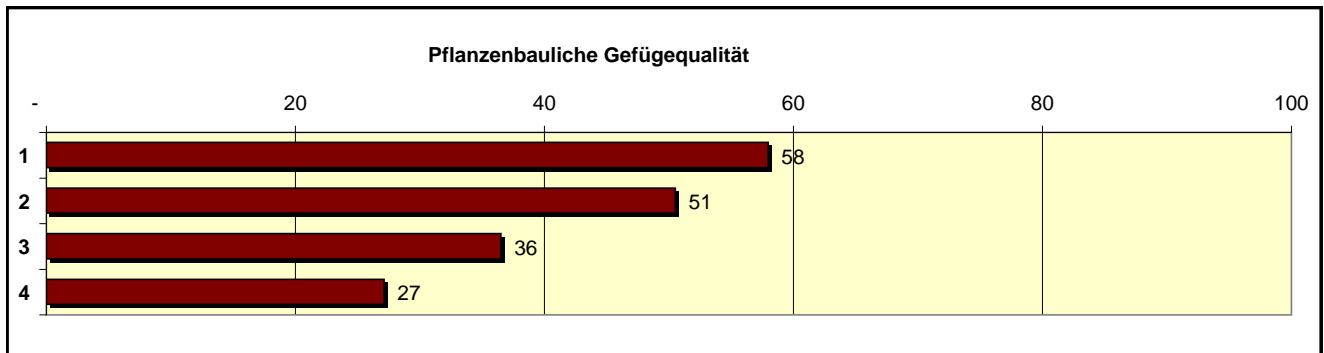


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+Kohärent
1	Ah	12	0%	0%	0%	7%	93%	0%	0%
2	Ahg	12	0%	0%	0%	4%	96%	0%	0%
3	Abg	12	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
4	Bgg	14	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Total		50	0%	0%	0%	3%	45%	52%	0%

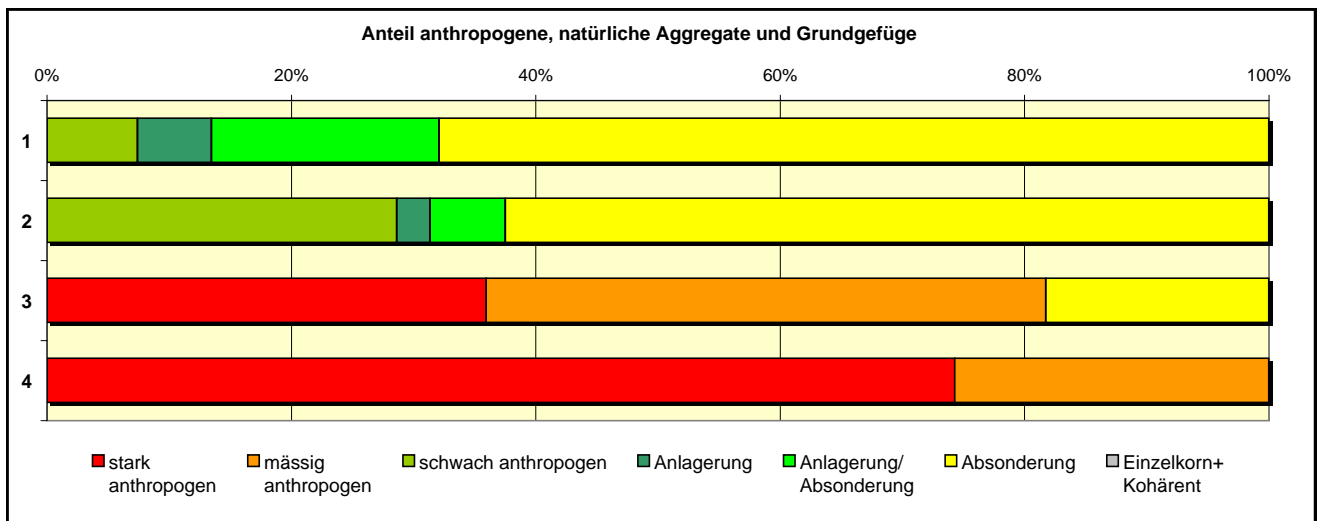


Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	1994	Datum	21.08.01
Standort	Hünikon, Neftenbach	Herkunft Material	externer Aushub	Aufnahme	MP
Profil	Auffüllung	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Auffüllung (fX)	Vegetation	Mais		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah	0	12	12	4.3	35	36	2	58	8'851
2	Ahx	12	24	12	4.3	35	36	2	51	5'042
3	AB/BCx	24	36	12	0.7	21	33	2	36	1'505
4	B/BCx	36	50	14	0.7	21	33	2	27	458
Total				50					42	15'857

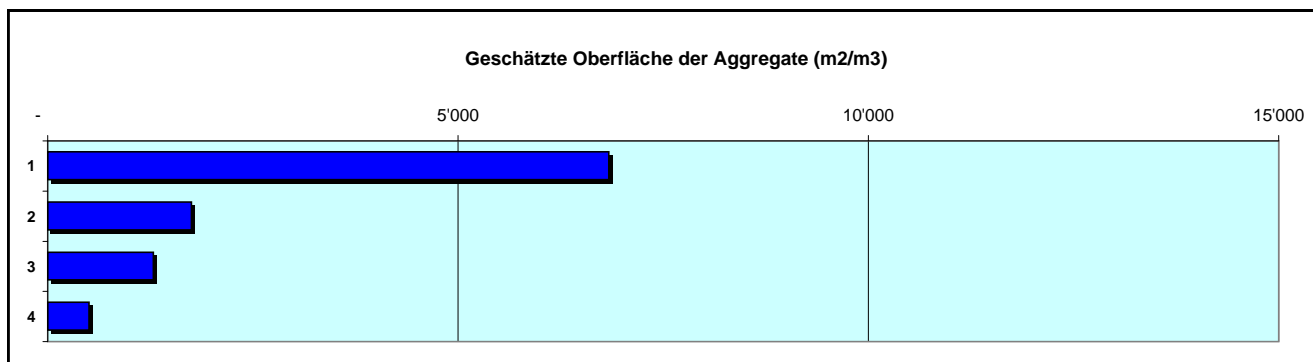
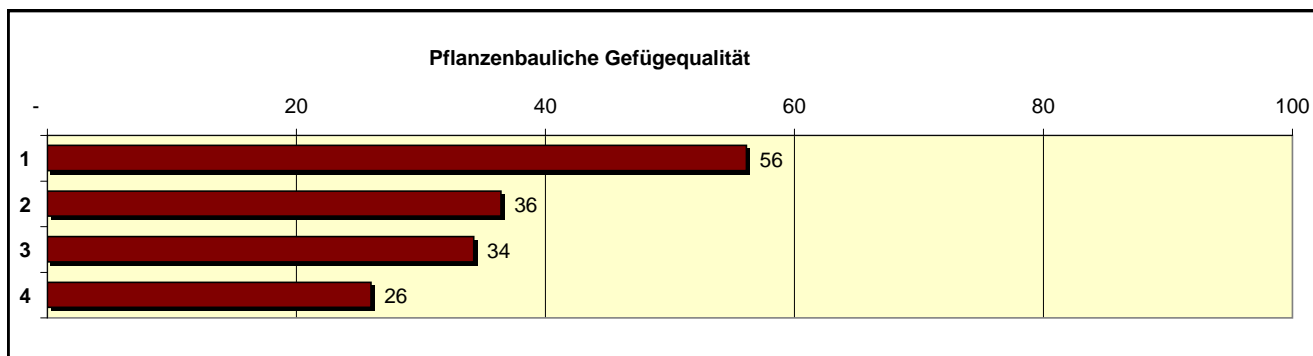


Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	Ah	12	0%	0%	7%	6%	19%	68%	0%
2	Ahx	12	0%	0%	29%	3%	6%	62%	0%
3	AB/BCx	12	36%	46%	0%	0%	0%	18%	0%
4	B/BCx	14	74%	26%	0%	0%	0%	0%	0%
Total		50	29%	18%	9%	2%	6%	36%	0%



Projekt	Geländeauffüllungen ZH	Auffüllung (Jahre)	-	Datum	21.08.01
Standort	Hünikon, Neftenbach	Herkunft Material		Aufnahme	MP
Profil	Referenz	letzte Bodenbearb.			
Bodentyp	Braunerde-Pseudogley (oY)	Vegetation	Mais		

Schicht	Horizont	Tiefe von cm	Tiefe bis cm	Schichtdicke cm	OS %	Ton %	Schluff %	Skelett Klasse	Gefügequalität Punkte	Oberfläche m2/m3
1	Ah	0	12	12	4.3	30	37	1	56	6'836
2	Ah(x)	12	24	12	4.3	30	37	1	36	1'751
3	Abg(x)	24	36	12	2.2	40	32	1	34	1'286
4	Bggx	36	50	14	2.2	40	32		26	504
Total				50					42	10'377



Schicht	Horizont	Schichtdicke	stark anthropogen	mässig anthropogen	schwach anthropogen	Anlagerung	Anlagerung/ Absonderung	Absonderung	Einzelkorn+ Kohärent
1	Ah	12	0%	23%	39%	5%	11%	22%	0%
2	Ah(x)	12	39%	39%	0%	0%	3%	19%	0%
3	Abg(x)	12	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
4	Bggx	14	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%
Total		50	9%	15%	9%	1%	3%	62%	0%

