

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

Bäume auf Tiefgaragen

Märzpark und Schubertpark, Wien

Diplomarbeit
eingereicht von
SCHUECKER Katharina

Wien, November 2009

Betreuer: o. Univ. Prof. Dr. Florin Florineth

INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNG	8
ZUSAMMENFASSUNG	9
ABSTRACT	10
1. EINLEITUNG	11
2. STANDORTFAKTOR STADT	13
2.1. Warum uns Bäume wichtig sind!	13
2.2. Das Leben zwischen stark verbauten Flächen	14
2.2.1. Das Stadtklima	15
2.2.1.1. Luftschadstoffe	18
2.2.2. Der Stadtboden	18
2.2.2.1. Nährstoffsituation	18
2.2.2.2. Bodenluft, Bodenwasser und Wärmehaushalt des Bodens	18
2.2.2.3. Bodenverschlechterung	19
2.2.2.3.1. Versiegelung	19
2.2.2.3.2. Bodenverdichtung	20
2.2.2.3.3. Staunässe	20
2.2.2.4. Schadstoffe im Boden	21
2.2.2.4.1. Streusalze	21
2.2.2.4.2. Hundeurin	21
2.2.2.4.3. Gase aus Versorgungsleitungen	22
2.2.3. Mechanische Beschädigungen	22
2.3. Bäume in der Stadt – Welche sind geeignet?	23
2.3.1. Eignung in Bezug auf die besonderen Standortverhältnisse	23
2.3.1.1. Trockenstress – Trockenresistenz	23
2.3.1.2. Winterhärte	26
2.3.1.3. Wurzelform	27
2.3.1.4. Mykorrhiza	27
2.3.1.5. Salztoleranz	28
2.3.2. Gestalterische und funktionelle Eigenschaften	
als Auswahlkriterium	29
2.4. Anforderungen an die Pflanzen- und Bodenqualität	30

2.4.1. Anforderungen an die Pflanzen	30
2.4.1.1. Herkunft der Baumschulware	30
2.4.1.2. Pflanzenqualität	30
2.4.2. Anforderungen an die Bodenqualität – Stadtbaumsubstrate	31
2.4.2.1. FLL – Empfehlungen für Baumpflanzungen	32
2.4.2.2. Beispiele für Stadtbaumsubstrate	34
2.4.2.2.1. Schönbrunner Mischung „alt“	34
2.4.2.2.2. Schönbrunner Mischung „neu“	36
2.4.2.2.3. Mödlinger Substrat	37
3. STANDORTFAKTOR TIEFGARAGE	38
3.1. Problematik des Standortes	38
3.2. Anforderungen an den Bodenaufbau auf Tiefgaragen	39
3.2.1. Dachbegrünungsrichtlinien	39
3.2.1.1. Aufbau einer intensiven Dachbegrünung	40
3.2.1.2. Anforderungen an die Hauptfunktionsschichten	42
3.2.1.2.1. Vegetationstragschicht	42
3.2.1.2.2. Filterschicht	45
3.2.1.2.3. Drainschicht	46
3.2.1.3. Schichtaufbau	47
3.2.1.4. Schichtdicke	48
3.2.1.5. Gedanken zu den Richtlinien im Bereich von Tiefgaragenbegrünungen	48
3.2.2. Studie über Tiefgaragenbegrünungen in Wien „Wiener Modell“	49
4. BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN FLÄCHEN	52
4.1. Allgemeine Beschreibung	52
4.2. Bodenaufbau über den Tiefgaragen	53
4.3. Klimatische Bedingungen	54
4.4. Gepflanzte Bäume im Märzpark und im Schubertpark	57
4.4.1. Eignung und Beschreibung der verwendeten Baumarten nach der GALK Straßenbaumliste	58

4.4.2. Eignung der verwendeten Baumarten bezüglich Trockentoleranz und Winterhärte	60
5. UNTERSUCHUNGSMETHODEN	62
5.1. Untersuchungen am Baum	63
5.1.1. Baumhöhe und Kronendurchmesser	66
5.1.2. Stammumfang und -zuwachs seit der Pflanzung, Stammquotient	66
5.1.3. Triebblängenmessungen	67
5.1.3.1. Jahrestriebblängen der letzten Vegetationsperiode	68
5.1.3.2. Entwicklung der Triebblängen seit der Pflanzung	68
5.1.4. Kronenzustandsstufen nach BRAUN	68
5.1.5. Baumschäden	70
5.2. Untersuchung des Baumumfeldes	71
5.2.1. Versiegelung	71
5.2.2. Übererdungshöhe	71
5.2.3. Baumscheibenbewuchs und -abdeckung	72
5.2.4. Belastung durch Parkbesucher	73
5.2.5. Belastung durch Hunde	73
5.2.6. Baumstützung	73
5.2.7. Stammschutz	74
5.2.8. Bewässerung	75
5.3. Bodenuntersuchungen	76
5.3.1. pH-Wert	76
5.3.2. Karbonatgehalt	77
5.3.3. Korngrößenverteilung	79
5.3.4. Lagerungsdichte	83
5.3.5. Tragfähigkeitsuntersuchung	83
5.3.6. Wasserdurchlässigkeit mittels Ausschüttversuch	85
6. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN	87
6.1. Ergebnisse der Untersuchungen am Baum	87
6.1.1. Ergebnisse: Baumhöhe und Kronendurchmesser	87

6.1.1.a. Schubertpark	87
6.1.1.b. Märzpark	89
6.1.2. Ergebnisse: Stammumfang und -zuwachs	
seit der Pflanzung, Stammquotient	91
6.1.2.a. Schubertpark	91
6.1.2.b. Märzpark	93
6.1.3. Ergebnisse: Triebblängenmessungen	96
6.1.3.1. Jahrestriebblängen der letzten Vegetationsperiode	96
6.1.3.1.a. Schubertpark	96
6.1.3.1.b. Märzpark	97
6.1.3.2. Entwicklung der Triebblängen seit der Pflanzung	98
6.1.3.2.a. Schubertpark	98
6.1.3.2.b. Märzpark	98
6.1.4. Ergebnisse: Kronenzustandsstufen nach BRAUN	101
6.1.4.a. Schubertpark	101
6.1.4.b. Märzpark	103
6.1.5. Ergebnisse: Baumschäden	105
6.1.5.a. Schubertpark	105
6.1.5.b. Märzpark	106
6.2. Ergebnisse der Untersuchung des Baumumfeldes	107
6.2.1. Ergebnisse: Versiegelung	107
6.2.1.a. Schubertpark	107
6.2.1.b. Märzpark	108
6.2.2. Ergebnisse: Übererdungshöhe	110
6.2.2.a. Schubertpark	110
6.2.2.b. Märzpark	111
6.2.3. Ergebnisse: Baumscheibenbewuchs und -adeckung	112
6.2.3.a. Schubertpark	112
6.2.3.b. Märzpark	112
6.2.4. Ergebnisse: Belastung durch Parkbesucher	113
6.2.4.a. Schubertpark	113
6.2.4.b. Märzpark	113
6.2.5. Ergebnisse: Belastung durch Hunde	114
6.2.5.a. Schubertpark	114

6.2.5.b. Märzpark	114
6.2.6. Ergebnisse: Baumstützung	115
6.2.6.a. Schubertpark	115
6.2.6.b. Märzpark	115
6.2.7. Ergebnisse: Stammschutz	116
6.2.7.a. Schubertpark	116
6.2.7.b. Märzpark	116
6.2.8. Ergebnisse: Bewässerung	117
6.2.8.a. Schubertpark	117
6.2.8.b. Märzpark	117
6.3. Ergebnisse der Bodenuntersuchungen	118
6.3.1. Ergebnisse: pH-Wert	119
6.3.1.a. Schubertpark	120
6.3.1.b. Märzpark	121
6.3.2. Ergebnisse: Karbonatgehalt	122
6.3.3. Ergebnisse: Korngrößenverteilung	123
6.3.3.a. Schubertpark	123
6.3.3.b. Märzpark	127
6.3.4. Ergebnisse: Lagerungsdichte	131
6.3.4.a. Schubertpark	131
6.3.4.b. Märzpark	132
6.3.5. Ergebnisse: Tragfähigkeitsuntersuchung	133
6.3.5.a. Schubertpark	133
6.3.5.b. Märzpark	134
6.3.6. Ergebnisse: Wasserdurchlässigkeit	136
6.3.6.a. Schubertpark	137
6.3.6.b. Märzpark	137
7. DISKUSSION UND VORSCHLÄGE FÜR DIE PRAXIS	138
8. LITERATURVERZEICHNIS	140
8.1. Bücher und Zeitschriften	140
8.2. Technische Regelwerke	145
8.3. Internet	145
8.4. Bildernachweis	146

9. ANHANG	147
9.1. Wurzelformen	147
9.2. Mykorrhiza	150
9.3. Korngrößenverteilungen	151
9.4. Ergebnisse der Baum- und Bodenuntersuchungen in Tabellenform	158
9.5. Baumsteckbriefe	167
9.6. Lageskizzen der Parkanlagen	185

DANKSAGUNG

Für die Unterstützung während meiner Diplomarbeit möchte ich mich herzlich bedanken bei...

o.Univ. Prof. Dr. Florin Florineth

für den Vorschlag des Themas und die Betreuung meiner Arbeit.

DI Christian Oberbichler

für wertvolle Tipps und Ratschläge.

Franz Josef Doppler

für die Unterstützung bei den praktischen Untersuchungen.

Martin Grogger

für die Hilfestellung bei der Auswertung der Korngrößenverteilungen.

meinen Eltern und meinem Freund Dominik,

die mich zu diesem Studium ermutigt und es ermöglicht haben, vor allem für ihre Geduld.

allen,

die für die Diplomarbeit wertvolle Anregungen gegeben haben.

ZUSAMMENFASSUNG

Das steigende Verkehrsaufkommen in Städten verlangt immer mehr Abstellmöglichkeiten für PKW. Um diesen steigenden Bedarf zu decken werden zunehmend bestehende Parkanlagen mit Tiefgaragen unterbaut. Dabei darf die unterirdische Nutzung die Wohlfahrtswirkungen der Parkanlage nicht negativ beeinflussen. Diese Wohlfahrtswirkungen sind wiederum in hohem Ausmaß von der Bepflanzung mit Gehölzen und vor allem Bäumen abhängig. Eine solche Tiefgaragenbepflanzung zeichnet sich durch zwei wesentliche Standortkomplexe aus. Die stadteigenen klimatischen Bedingungen und das stark verringerte Bodenvolumen aufgrund der Barriere des Tiefgaragendaches verursachen stark abgeänderte Lebensbedingungen für die Bäume.

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit den Lebensbedingungen von Bäumen auf Tiefgaragen anhand zweier Beispiele aus Wien, dem Schubertpark im 18. und dem Märzpark im 15. Wiener Gemeindebezirk. Der Zustand der insgesamt 51 Jungbäume aus den beiden Parkanlagen wurde aufgenommen. Weiters sind an mehreren Stellen im Schubertpark und Märzpark Bodenuntersuchungen durchgeführt worden.

Die Zustandserhebung in Form von Triebblängenmessungen und Beurteilung der Belaubungsdichte zeigte im Verhältnis zur Standzeit und zum Alter der Bäume für einige Baumarten sehr schlechte Ergebnisse. Als primäre Ursache hierfür kann eine für diese Anwendung unzureichende Substratqualität angenommen werden. Die Ermittlung der Korngrößenverteilungen zeigte einen viel zu hohen Anteil an Schluff und Ton im verwendeten Bodenmaterial. Dementsprechend konnten auch für die weiteren untersuchten bodenphysikalischen Eigenschaften wie Lagerungsdichte, Wasserdurchlässigkeit und Tragfähigkeit keine zufrieden stellenden Ergebnisse festgestellt werden.

Als Anregung für künftige Projekte wird ein Substrat vorgeschlagen, welches den Anforderungen von Bäumen auf Tiefgaragen besser gerecht wird.

ABSTRACT

The rising volume of traffic in towns requires more and more parking possibilities for cars. To satisfy this rising need underground car parks are increasingly built below existing parks. The subterranean use must not influence the welfare effects of the park negatively. These welfare effects mainly dependent on the plantation with woods and above all trees. A plantation above underground car parks has two essential location characteristics. The completely different living conditions for trees caused by the climate in cities and the reduced soil volume.

This diploma thesis deals with the living conditions of trees above underground car parks by means of two examples from Vienna, Schubertpark in 18. and Märzpark in the 15. district of Vienna. Altogether 51 jung trees from both parks where examined for their condition. Furthermore soil analyses were carried out at several places in Schubertpark and in Märzpark.

The examinations in the form of measuring the length of twigs and judging the foliage density turned out very bad results for some tree species. As primary reason presumably an insufficient soil quality is responsible for this results. The evaluation of the grain size distribution proved a much too high part of fine grained components within the used ground material. Accordingly there could not be ascertained satisfying results for the other examined physical soil properties like bulk density, hydraulic permeability and bearing capacity.

As an idea for future projects a soil is suggested, which better coplies with the needs of trees above underground car parks.

1. EINLEITUNG

Mit dem Wunsch eine Diplomarbeit mit dem Schwerpunkt Baum zu schreiben stieß ich zunächst auf das, am Institut für Ingenieurbiologie, Vegetationstechnik und Landschaftsbau ausgeschriebene, Thema „Zustandsanalyse von Jungbäumen in Städten“, welches mich sehr interessierte. Um mehr über das Thema zu erfahren setzte ich mich mit dem Leiter des Instituts, o.Univ.Prof.Dr. Florineth in Verbindung, welcher mir seine Betreuung zusagte. Da sich Prof. Florineth aus aktuellem Anlass gerade wieder mit Bäumen auf Tiefgaragen in Wien beschäftigte, schlug er mir diesen Sachverhalt als Thema für meine Diplomarbeit vor. Ich wurde eingeladen, während einer gemeinsamen Begehung im Februar 2008 mit Prof. Florin Florineth, Ulrike Pitha und Johannes Strasser von den „Wiener Gärten“ erste Eindrücke über Parkanlagen auf Tiefgaragen in Wien zu sammeln. Zweck dieser Zusammenkunft war mögliche Gründe für das schlechte Erscheinungsbild der jungen Bäume zu finden.

Während dieser Begehung wurden mit dem Bodenbohrer Stichproben aus dem Oberboden gezogen. Der Großteil der Stichproben zeigte einen vermutlich sehr hohen Ton- und Schluffgehalt innerhalb der ca. 50 cm starken Oberbodenschicht, welche eigentlich eher aus verdichtungsstabilen, gröberen Bestandteilen zusammengesetzt sein sollte. Ob dies der Grund für die eher schlechte Vitalität der Bäume ist, gilt es demnach in dieser Arbeit festzustellen.



links:

Abb.1: Prof. Florineth bei der Probenentnahme im Februar 2008

rechts:

Abb.2: bindiges Oberbodenmaterial, 2008

unten:

Abb.3: gezogene Stichprobe aus dem Schubertpark: bindiges Oberbodenmaterial, 2008



Von den fünf besichtigten Parkanlagen wählte ich zwei aus, den Schubertpark im 18. und den Märzpark im 15. Wiener Gemeindebezirk, sodass insgesamt etwa 50 Jungbäume für die Aufnahmen zur Verfügung standen. Um eine falsche „Schuldzuweisung an den Bodenaufbau“ auszuschließen wurden möglichst viele weitere Umwelteinflüsse untersucht, welche den Zustand der Bäume auf diesen Standorten negativ beeinflussen könnten. Negative Einflüsse auf „Tiefgaragenbäume“ sind sehr vielfältig. Allein die städtische Lage mit ihrem eigenen Stadtklima und durch den Menschen in Umlauf gebrachten Schadstoffen verursacht oft Baumschäden. Hinzu kommt, dass das geringere Bodenvolumen über den Tiefgaragen weitaus weniger in der Lage ist diese abgeänderten klimatischen Bedingungen auszugleichen und Schadstoffe schlechter auszufiltern als tiefgründige Böden. Umso notwendiger ist es ein möglichst gutes Baumsubstrat zu verwenden, welches keine zusätzlichen Stressfaktoren für die Pflanzen verursacht.

In den ersten vier Kapiteln dieser Diplomarbeit werden die Grundlagen zu diesen vielfältigen Umwelteinflüssen einschließlich menschlicher Tätigkeiten behandelt, sowie der Frage nach dem geeigneten Substrat für Bäume auf Tiefgaragen nachgegangen, um diese Erkenntnisse schließlich auf die Bäume im Schubertpark und im Märzpark übertragen zu können.

2. STANDORTFAKTOR STADT

2.1. Warum uns Bäume wichtig sind!

Stadtbäume erfüllen eine Vielzahl von Funktionen, welche uns das Leben in der Stadt erheblich erleichtern. Oft sind uns nicht immer alle Vorzüge von Bäumen in der Stadt bewusst. Ihre **ästhetische** bzw. **gestalterische** Funktion steht wohl für fast jeden Menschen fest. Ob wir einen Stadtteil als schön empfinden, dort wohnen und uns aufhalten möchten, hängt in hohem Ausmaß vom Vorhandensein von Grünflächen und Bäumen ab. Städtebaulich gesehen haben Bäume **leitende** Funktionen. Sie bilden Blickachsen, sind Blickschutz und trennen verschiedene Nutzungsbereiche optisch voneinander ab. Bäume führen uns den jahreszeitlichen Wechsel vor Augen und sind auch ein Sinnbild für Sein und Vergehen. Kaum jemand wird bestreiten, dass er sich nach dem grauen Winter über den Laubaustrieb freut. Bäume wirken also auch **psychologisch** vorteilhaft auf uns Menschen. Von den meisten Menschen weniger beachtet, aber von enormer Bedeutung ist die **kleinklimatische** Funktion von Bäumen in Städten. Durch ihre Verdunstung kühlen sie die umgebende Luft ab und erhöhen die Luftfeuchte. Auch als Schattenspender spielen sie eine wichtige Rolle. Ihre **lufthygienische** Funktion gewährleisten sie durch Ausfilterung von Staubpartikel und gasförmigen Verunreinigungen aus der Stadtluft, Verbrauch von CO₂ und Produktion von Sauerstoff. **Vegetationstechnische** Funktionen üben Bäume als Sichtschutz, Blendschutz, Windschutz und Lärmschutz aus. Bäume stellen Pflanzen und Tieren einen Lebensraum zur Verfügung und erfüllen so ihre **ökologische** Funktion. Auch uns Menschen bieten sie einen Aufenthaltsraum, Treffpunkt oder Spielraum, somit haben Bäume für uns eine **Erlebnisfunktion**.

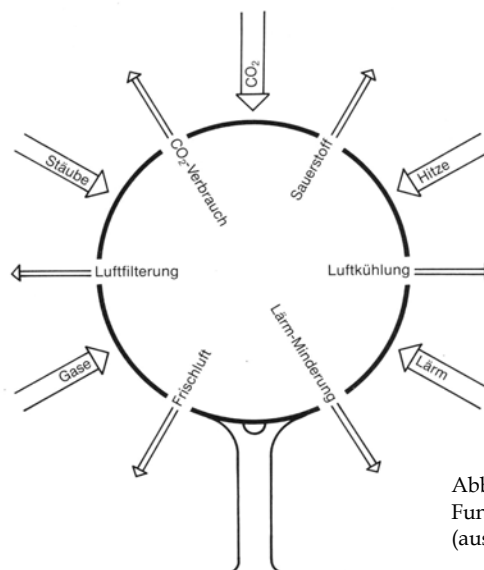


Abb.4:
Funktionsschema von Bäumen
(aus: MALEK, WAWRIK, 1985, S.22)

2.2. Das Leben zwischen stark verbauten Flächen

Stadtbäume sind gegenüber ihren im unbebauten Gebiet lebenden Artgenossen vielfach veränderten Lebensbedingungen ausgesetzt. Das Zusammenleben mit dem Menschen und dessen künstlich geschaffener Umwelt verursacht oft Schäden oder Stresssituationen für den Baum. Schäden an Bäumen können durch abiotische, biotische oder anthropogene Schadfaktoren verursacht werden. Als abiotische Schadfaktoren werden jene der unbelebten Umwelt bezeichnet, welche sich aus den vorhandenen Klimabedingungen, Schadstoffen in der Luft und im Boden und den Bodenbedingungen zusammensetzen.

Die anthropogenen Einflüsse in der Stadt sind eng mit den abiotischen verknüpft, ein Großteil wird erst durch die vom Menschen gestaltete Umwelt verursacht (siehe Abb.5). Abgesehen davon müssen Bäume in der Stadt im Laufe ihres Lebens leider oft mit mechanischen Verletzungen durch Menschen rechnen, Stammschäden durch Kraftfahrzeuge, Wurzelverletzungen durch Rasenmäher oder auch Vandalismus stehen an der Tagesordnung.



Wald		Straße
Ökosystem	◀ Pflanzen	▶ Einzelbaum/Allee
geschlossen	◀ Nährstoffkreislauf	▶ unterbrochen
natürlicher Aufbau	◀ Boden	▶ Kunstsustrat
natürlicher Zyklus	◀ Wasserhaushalt	▶ Infiltration verhindert
ungestört	◀ Gasaustausch	▶ stark beeinträchtigt
ausgeglichen	◀ Klima	▶ Temperaturerhöhung Reduktion der Luftfeuchte

Abb.5: Standortvergleich: Wald - Straße (aus: BALDER, 1997, S. 55)

Als biotische Schadfaktoren versteht man jene der belebten Umwelt. Hierzu zählen Krankheiten, verursacht von Bakterien, Pilzen, Viren, etc. und der Befall von Schädlingen, wie Insekten, Milben und Nematoden oder der Verlust von Pflanzenteilen durch Vögel oder Säugetiere. Schlechte Standortbedingungen oder anthropogen verursachte Schäden schwächen oft das Abwehrvermögen der Bäume, wodurch sie wiederum leichter von Krankheiten und Schädlingen befallen werden können.

Die einzelnen Schadfaktoren stehen also in sich verstärkenden Wechselwirkungen zueinander, was die Diagnose von Ursachen für Baumschäden erschwert.

Dieses Kapitel beschäftigt sich deshalb näher mit den oftmals stark veränderten Lebensbedingungen für Bäume in der Stadt und den komplexen Zusammenhängen zwischen den einzelnen Schadfaktoren, um den Baumstandort Stadt zu charakterisieren.

2.2.1. Das Stadtklima

In größeren Städten findet man oftmals stark abgeänderte Klimabedingungen im Vergleich zum städtischen Umland vor. Es besteht eine eigene Stadtatmosphäre mit eigenem Energie- und Strahlungshaushalt, sowie verändertem Luftaustausch.

Hauptursachen für diese eigene Stadtatmosphäre sind einerseits der sehr hohe Anteil an künstlich versiegelten Flächen durch Gebäude und Verkehrswege und damit einhergehend ein sehr geringer Anteil an vegetationsbedeckten Flächen. Andererseits bewirkt die Ansammlung von Menschen auch eine Häufung von technischen Einrichtungen und dessen Anwendungen, wie z.B. mehr Abgase durch Kfz-Verkehr, Industrie, Gewerbe und Hausbrand, welche das Klima sowohl lufthygienisch, aber auch thermisch beeinflussen. Abbildung 6 soll einen Überblick über diese veränderten Klimafaktoren in Städten mittlerer Breiten geben.

Faktoren	Veränderungen gegenüber dem nicht bebauten Umland	Faktoren	Veränderungen gegenüber dem nicht bebauten Umland
Strahlung		Nebel	
Globalstrahlung auf horizontaler Oberfläche	–20%	Anzahl der Nebeltage	–10% bis –20%
Gegenstrahlung	+10%	Verdunstung	
Ultraviolett im Winter	–70% (im Extremfall –100%)	Gesamtbetrag	–60% bis –30%
Ultraviolett im Sommer	–30 bis –10%	Relative Luftfeuchtigkeit	
Sonnenscheindauer		Jahresmittel	– 6%
im Winter	– 8%	Wintermittel	– 2%
im Sommer	–10%	Sommermittel	– 8%
Niederschlag		Windgeschwindigkeit	
Gesamtbetrag	+10%	Jahresmittel	–25%
Tauabsatz	–65%	Spitzenböen	–15%
Lufttemperatur		Windstillen	+13%
Jahresmittel	0,5 bis 1 Kelvin höher	Vegetationsbedeckte Fläche	
Winterminima	1 bis 3 Kelvin höher	Verlängerung der städtischen Vegetationsperiode	ca. 8–10 Tage
maximale Temperaturunterschiede	3 bis 10 Kelvin höher		
Dauer der winterlichen Frostperiode	– 25%		

Abb.6: Veränderte klimatische Bedingungen in der Stadt (aus: WITTIG, 1998, S.129)

Die Verminderung der **Globalstrahlung** (gesamte auf eine Fläche auftreffende Strahlung) kommt aufgrund der Trübung der Stadtluft durch Fremdstoffbeimengungen (Aerosole) zustande. Diese bestehen aus Wasserdampf, gasförmigen, festen und flüssigen Luftverunreinigungen und Mikroben. Vor allem das Durchdringen der kurzwelligen Licht- und **UV-Strahlen** wird verringert, da ein großer Teil der Strahlung an den Aerosolen reflektiert und im Rahmen der bodennahen Ozonbildung auch absorbiert wird. Im Winter ist die Trübung besonders groß und die Zenitdistanz der Sonne, also die Länge des durchstrahlten Weges durch die Luftschicht, besonders hoch, weshalb in dieser Jahreszeit die Verringerung der Einstrahlung noch höher ist. Die **Gegenstrahlung** dagegen ist durch die stärkere Absorption und Reemission an den Aerosolen stärker ausgeprägt. Aufgrund dieser Trübung ist auch die **Sonnenscheindauer** an sich in der Stadt kürzer.

Hinsichtlich der **Temperaturverhältnisse** unterscheiden sich Stadt und Land oft massiv. Verursacht werden diese im Extremfall bis zu 10 Grad C° erhöhten Temperaturen in einer Großstadt durch folgende Ereignisse.

Künstliche Baustoffe, wie etwa Asphalt oder Beton, verfügen über höhere Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit gegenüber natürlich gewachsenen Böden. Tagsüber kommt es zur erhöhten Speicherung sensibler Wärme durch die Baukörper, die angrenzende Luftschicht erwärmt sich also kaum. In der Nacht wird diese gespeicherte Wärme aufgrund des Temperaturgradienten wieder langsam an die umgebende Atmosphäre abgegeben, sodass es nur zu einer geringen nächtlichen Abkühlung kommt. Die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land sind daraus folgend nachts, frühmorgens und abends am stärksten ausgeprägt. Städtische Baukörper erhöhen zudem die Rauigkeit der Oberfläche, wodurch sich die **Windgeschwindigkeit** verlangsamt und die Luftzirkulation verringert, so kann weniger Wärme über Konvektion abgeführt werden. Der hohe Versiegelungsgrad in der Stadt hat fehlende Verdunstungsflächen zur Folge. Auch schränkt der durch das Kanalisationssystem erhöhte und beschleunigte Oberflächenabfluss sowie der meist abgesenkte Grundwasserstand das Evaporationsvermögen der verbleibenden Vegetationsflächen ein. So kann sich die Stadtatmosphäre nicht diesem Betrag der latenten Wärme, also der im Wasserdampf enthaltenen potentiellen Energie, entledigen.

Die bereits erwähnte, langwellige Gegenstrahlung, verursacht durch Aerosole, trägt ebenfalls zur Temperaturerhöhung in der Stadt bei.

Hinzu kommt die anthropogene Energiezufuhr durch Verbrennungsprozesse, abhängig von der Einwohnerdichte und dem Pro-Kopf-Verbrauch, welche besonders im Winter bei negativer Strahlungsbilanz und tiefen Temperaturen zur Erwärmung der Stadtatmosphäre beitragen. Alle diese Umstände stehen in Wechselbeziehung zueinander und führen gemeinsam zum Phänomen der erhöhten Stadttemperaturen, welche über der Stadt bis zu 300 m und oft genau bis zum Stadtrand gemessen werden können, man spricht von der „Städtischen Wärmeinsel“. Innerhalb dieser Wärmeinsel gibt es weniger Tage mit Schneebedeckung und eine längere Vegetationsperiode für die Pflanzen.

Die Erhöhung der **Niederschlags**werte in einer Stadt ist auf die veränderten Temperatur- und Windverhältnisse zurückzuführen. Nach WITTIG (1998) kommt es zu folgenden Vorgängen: „Während windschwacher Wetterlagen entstehen Konvektionsregen durch die Überwärmung der Luftmassen über der Stadt. Während windstarker Wetterlagen kommt es wegen der hohen Oberflächenrauigkeit der Baukörper zur Ausbildung von Zonen mit starken thermischen und mechanischen Turbulenzen, was eine stärkere Wolkenbildung zur Folge hat. Staueffekte am Land/Stadt-Übergang bewirken ein erzwungenes Aufsteigen der Luft, wodurch es wiederum zu Wolkenbildungen kommt. Die Luftverunreinigungen bilden Kondensationskerne.“

Die erhöhten Niederschlagswerte lassen zunächst eine gute Wasserversorgung der Stadtbäume vermuten, jedoch wird aufgrund des hohen Versiegelungsgrades in der Stadt der größte Teil des Regenwassers über das Kanalisationssystem wieder abgeführt. Gerade bei Starkregenereignissen, wie sie in Städten sehr häufig vorkommen, fließt das meiste Wasser oberflächlich ab. Durch die geringere Verdunstung und die höheren Temperaturen ist in der Stadt die **relative Luftfeuchte** wesentlich geringer und dadurch kaum eine nächtliche Taubildung vorhanden, was für die Bäume den Verlust bzw. die Einschränkung einer wesentlichen Wasserquelle bedeutet. Auch Grundwasser steht häufig nur begrenzt zur Verfügung, da es aufgrund der Kanalisationssysteme abgesenkt und der kapillare Aufstieg des Wassers oft durch Bauwerke behindert ist, sodass es für die Baumwurzeln unerreichbar wird. Gerade über Tiefgaragen ist nicht mit Grundwasser als erschließbare Wasserquelle zu rechnen. Erhöhte Temperaturen bedeuten für den Baum u.a. einen höheren Wasserbedarf, der durch die genannten Umstände aber oft nicht gedeckt werden kann. So leiden Bäume in der Stadt sehr oft an Wassermangel.

2.2.1.1. Luftschadstoffe

Luftschadstoffe kommen in der Stadt natürlich bedingt durch Industrie und Verkehr gehäuft vor. Die Intensität der Luftschadstoffe hat sich in den letzten Jahren jedoch stark reduziert. Eine Schädigung der Bäume an „normalen“ Stadtstandorten ist kaum noch zu erwarten. In besonders exponierten Lagen, etwa in einem Industriegebiet, sollte bei der Auswahl der Bäume auf deren Toleranz gegen bestimmte Emissionen geachtet werden.

2.2.2. Der Stadtboden

Neben den klimatischen Bedingungen ist die Bodensituation für das Wachstum der Bäume ausschlaggebend. Auch hier sind Stadtbäume gegenüber ihren Artgenossen im Wald meist schwer benachteiligt, denn natürlich gewachsene Böden, an welche die Bäume angepasst sind, kommen hier kaum vor. Neben der Tatsache, dass der durchwurzelbare Raum an sich und damit die Entwicklungsmöglichkeit der Bäume meist eingeschränkt ist, sind die im folgenden näher besprochenen Umstände oft Gründe für einen schlechten Zustand von Stadtbäumen.

2.2.2.1. Nährstoffsituation

An natürlichen Waldstandorten kommt es äußerst selten zu Nährstoffmangelerscheinungen. Das abfallende Laub wird von Bodentieren in die Erdschicht eingearbeitet und dort von Mikroorganismen mineralisiert.

In der Stadt wird das Falllaub oft beseitigt oder vom Wind verweht. Auch die Bodenfauna und Mykorrhizapilze sind meist in geringerer Dichte oder gar nicht vorhanden. Aufgrund dieser unterbrochenen Nährstoffkreisläufe kann eine mangelnde Versorgung der Bäume mit Makro- und Mikronährstoffen in der Stadt ein Problem darstellen. Aber auch die Verfügbarkeit von ausreichend vorhandenen Nährstoffen kann durch eine schlechte Bodenbeschaffenheit, wie ein zu hoher pH-Wert oder Sauerstoffmangel im Boden, stark eingeschränkt sein.

2.2.2.2. Bodenluft, Bodenwasser und Wärmehaushalt des Bodens

Die Luft- und Wassergehalte des Bodens, sowie dessen Wärmehaushalt werden stark vom jeweiligen Porenvolumen beeinflusst. Nach der Größe dieser Poren unterscheidet man Grob-, Mittel- und Feinporen. Unter Grobporen versteht man Poren mit einem Durchmesser von mehr als 10 µm, sie sorgen für eine gute Durchlüftung des Bodens.

Wurzeln können nur dann Nährstoffe und Wasser aufnehmen, wenn sie ausreichend Sauerstoff zum Atmen haben. Eine gute Durchlüftung des Bodens ist daher ebenso wichtig wie die Wasserversorgung. Mittelporen mit einem Durchmesser von 10 - 0,2 μm sind bedeutungsvoll für die Wasserspeicherung, da in ihnen das Wasser kapillar festgehalten wird. Poren mit einem Durchmesser von weniger als 0,2 μm werden Feinporen genannt. Das in ihnen gespeicherte Wasser ist für die Pflanzen jedoch nicht verfügbar, da die Kapillarkräfte stärker sind als die Saugspannung, mit der die Pflanzenwurzel Wasser ansaugt (SCHEFFER et.al., 2009).

Der Anteil an den unterschiedlichen Poren und das Gesamtporenvolumen in einem Boden wird stark von dessen Körnung beeinflusst, denn durch die Aneinanderlagerung unterschiedlich großer Bodenkolloide entstehen unterschiedlich große Aggregate, die wiederum die Porengrößen und -formen bestimmen. Auch die Aktivität der Bodenfauna und der Pflanzenwurzeln spielt bei der Bildung von Bodenporen eine entscheidende Rolle. Durch Bodenverdichtungen oder das Fehlen von wichtigen Strukturstabilisatoren, aber auch durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen kann sich das Porenvolumen verändern. „Gesunder“ Boden weist meist ein Verhältnis von 50% Fest- und 50% Porenvolumen auf. Grobporen sollten 1/3, Mittel- und Feinporen gemeinsam 2/3 des Gesamtporenvolumens einnehmen (KRÜSSMANN, 1997). Stadtböden weisen hingegen oft ein geringeres Porenvolumen auf, da beispielsweise Mittel- und Grobporen als Folge intensiver Nutzung der Grünflächen zerstört werden oder durch die verminderte biotische Aktivität erst gar nicht entstehen.

2.2.2.3. Bodenverschlechterung

Die intensive Nutzung des begrenzten Stadtraumes bewirkt oft eine Verschlechterung des Standortes der Bäume durch folgende Faktoren:

2.2.2.3.1. Versiegelung

Bäume in der Stadt müssen innerhalb ihres Wurzelraumes oft mit Versiegelungen durch Straßenbeläge rechnen, welche den Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre behindern. Wurzeln benötigen aber dringend Sauerstoff zur Energiegewinnung. Im Zuge des Zitronensäurezyklus werden organische Substanzen zu CO_2 und Wasser oxidiert. In den obersten Bodenschichten sind zumeist mehr als 20,6 Vol.% O_2 , 78 Vol.% N_2 und 0,2 Vol.% CO_2 vorhanden.

Viele Baumarten brauchen für eine funktionierende, uneingeschränkte Wurzelaktivität mehr als 16 Vol.% O₂ und weniger als 3 Vol.% CO₂ (BALDER, 1998).

Unter Sauerstoffmangel kann es durch unvollständigen Abbau der Kohlenhydrate, zur Bildung von Alkoholen und organischen Säuren kommen, welche für die Pflanzen toxisch sind. Welches Endprodukt unter Sauerstoffmangel entsteht ist artspezifisch, wodurch sich unterschiedliche Toleranzen der Baumarten für Sauerstoffmangel im Boden ergeben.

Apfelsäure, wie sie in etwa die Birke bildet, ist eher unschädlich, Ethanol wiederum ist stark toxisch (BALDER, 1998). Sauerstoffmangel und CO₂-Anreicherung kann also die Wurzeln schädigen und im schlimmsten Fall den Wurzeltod verursachen. Auch kommt es durch Versiegelungen zu einer Verschlechterung der Wasserbilanz, da ein großer Anteil des Regenwassers über die Versiegelung oberflächlich abfließt.

2.2.2.3.2. Bodenverdichtung

Ein weiteres oft auftretendes Problem auf Stadtstandorten sind Bodenverdichtungen durch Betreten oder Befahren, aber auch durch Baufahrzeuge beim Einbau des Materials. Diese Verdichtungen bewirken den Verlust der Krümelstruktur des Bodens, die für Bäume besonders wichtigen Grob- und Mittelporen gehen verloren. Verdichtete Böden bewirken demnach analog zu starker Versiegelung einen Sauerstoffmangel und damit einen Abfall der Wurzelatmung, Hemmung der Wasser- und Nährsalzaufnahme und des Ionentransportes ins Wurzelinnere. Auch die Entwicklung von Bodenmikroorganismen, die durch den Abbau organischer Substanzen die physikalische Struktur des Bodens erheblich verbessern, ist stark eingeschränkt. Das Niederschlagswasser kann schlecht in das dichte Bodengefüge eindringen und auch der durchwurzelbare Raum wird dadurch verringert, was die Nahrungsaufnahme der Pflanze erheblich erschwert.

2.2.2.3.3. Staunässe

Durch die mangelnde bzw. fehlende Durchmischung des Bodens durch Bodenlebewesen kann es zur Schichtenbildung mit feinkörnigem, tonigem Material kommen. Diese Schichten sind oft langandauernd wassergesättigt, da durch die starken Kapillarkräfte in den Feinporen das Wasser lange gespeichert wird. Das hinzukommende Niederschlagswasser kann diese Schicht nicht passieren und sammelt sich oberhalb dieses Stauhorizontes an, man spricht von Staunässe. Bei Staunässe kommt es zu extrem anaeroben Bedingungen, denn der Sauerstoff muss auf dem Weg zur Wurzel einen Wasserfilm überwinden, der einen 10000 mal größeren Widerstand aufweist als luftgefüllte Bodendporen.

Die Sauerstoffdiffusionsrate ist ein Maß dafür, wie viel Gramm Sauerstoff pro cm² zur Wurzel diffundieren. Die Pflanzen können den Sauerstoff nicht aufnehmen, solange der kritische Wert der Diffusionsrate von 0,5 - 0,02 µg/cm² nicht überschritten wird (BALDER, 1998). Bei Staunässe stellen die Feinwurzeln ihr Wachstum ein, beginnen zu faulen und abzusterben.

2.2.2.4. Schadstoffe im Boden

Neben einer Vielzahl von toxischen Stoffen, die in Stadtböden vorkommen können, sind die Folgenden besonders häufig vertreten.

2.2.2.4.1. Streusalze

Streusalze werden vor allem zu Beginn der Vegetationsperiode stark von den Bäumen aufgenommen und in den Pflanzen abgelagert. Später werden die Salze durch das Regenwasser in tiefere Bodenschichten verfrachtet. Die Salze bewirken eine Erhöhung des osmotischen Wertes in der Bodenlösung, wodurch das osmotische Gefälle zwischen dem Zellsaft der Pflanze und der Bodenlösung verringert wird. Der Baum kann also selbst bei hohen Bodenwassergehalten weniger Wasser aufnehmen. Auch kommt es zur einseitigen Aufnahme von bestimmten Ionen, so wird etwa durch eine hohe Natriumkonzentration die Kalium- und Magnesiumaufnahme behindert, was zu Nährstoffmangelerscheinungen führt (BALDER, 1998). Einige dieser Ionen sind in großer Menge für Pflanzenzellen toxisch, dies gilt vor allem für Chloridionen. Auch die Bodenbeschaffenheit kann unter der Einwirkung von Streusalzen leiden. Natriumionen bringen wegen ihrer großen Hydratationshülle tonhaltige Böden zum Verquellen. Verdichtungen, Verschlammungen und Staunässe können die Folge sein. Streusalze schädigen auch Mikroorganismen und Wurzelsymbionten und damit indirekt die Bäume.

In der Stadt Wien kommen im Winter Natriumchlorid (NaCl), Kalziumchlorid (CaCl) und Kaliumcarbonat (K₂CO₃) als Auftaumittel zum Einsatz. Soweit möglich wird der Einsatz von Auftaumitteln auf versiegelte Flächen mit einem Sicherheitsabstand zu unversiegelten Flächen beschränkt (www.wien.gv.at, 2008).

2.2.2.4.2. Hundeurin

Hundeurin hat im Vergleich zu dem anderer Tiere einen erhöhten Phosphor- und Harnstoffgehalt. Empfindliche Pflanzenteile wie Blätter und unverholzte Triebe werden bereits nach dem ersten Kontakt geschädigt. Die Widerstandsfähigkeit gegen Hundeurin ist artspezifisch und nimmt mit zunehmendem Alter der Gewebe und der Pflanze zu.

Rindenbesiedelnde Organismen wie Algen (grüner Belag am Stamm) reagieren besonders empfindlich auf Hundeurin, fehlen sie nur im Stammfußbereich ist dies ein sicheres Indiz für Hundeurinbelastung. Durch den direkten Kontakt kann es bei empfindlichen und jungen Bäumen zu Rindennekrosen und in weiterer Folge zum Eindringen von holzzerstörenden Pilzen kommen. Im Boden verschieben sich bei hoher Urinbelastung die Nährstoffverhältnisse, sodass Mangelercheinungen auftreten können oder die hochkonzentrierten Nährstoffe sogar phytotoxisch wirken (BALDER, 1998).

2.2.2.4.3. Gase aus Versorgungsleitungen

Abgesehen von mechanischen Schäden an Wurzeln, die oft während der Verlegung oder Reparaturarbeiten von Gasleitungen entstehen, bewirkt entweichendes Erdgas eine von Bodenbakterien ausgehende Reduktion von Methan zu CO₂ und Wasser und somit einen Sauerstoffmangel in der Bodenluft, wodurch ähnliche Symptome entstehen können wie bei Staunässe.

2.2.3. Mechanische Beschädigungen

Mechanische Verletzungen der Baumwurzeln werden im Straßenbereich häufig durch Überfahren des Wurzelbereiches mit Kraftfahrzeugen verursacht. In Parkanlagen entstehen derartige Schäden eher durch Pflegearbeiten mit Rasenmähern und -drimmern und durch häufiges Betreten des Wurzelbereiches. Während im Straßenbereich Hilfsmittel wie Hochborde oder Baumbügel zur Verfügung stehen, ist man in Parkanlagen meist auf den sorgsamen Umgang mit den Bäumen durch Gärtner und Parkbesucher angewiesen.

Auch Schäden an oberirdischen Pflanzenorganen können in der Stadt oft beobachtet werden. Schnittmaßnahmen an bereits zu starken Ästen, Vandalismus oder Anfahr-schäden zählen zu den häufigsten Ursachen.

2.3. Bäume in der Stadt – Welche sind geeignet?

„Die richtige Baumart am richtigen Standort im optimalen Substrat sind die Garanten für eine optimale Entwicklung und eine nachhaltige Sicherung der Grünsubstanz“ (LEITSCH, 2008, S.99). Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Auswahl der Bäume für den bestimmten Standort. Werden bei der Planung einer Stadtbaumpflanzung Fehler begangen, sind die Konsequenzen ein Baumleben lang mitzutragen. Deshalb müssen im Vorfeld der Pflanzung zuerst die Standortbedingungen geprüft und dementsprechend die Auswahl der Bäume getroffen werden.

2.3.1. Eignung in Bezug auf die besonderen Standortverhältnisse

Die veränderten Lebensbedingungen in Städten, insbesondere das extreme Stadtklima, werfen die Frage nach der Eignung von bestimmten Baumarten als Stadtbäume auf. Die Baumarten müssen in erster Linie Trockenheit tolerieren können und gleichzeitig auch über die notwendige Winterhärte verfügen. Oft sind Arten, welche aus wärmeren Regionen stammen, besser für die Stadt geeignet als einheimische. Phänologische Merkmale wie etwa behaarte, wachsüberzogene, gefiederte oder dicke Blätter, eine dicke Borke und ein tiefreichendes Wurzelsystem erhöhen die Trockentoleranz. Stadtbäume sollten auch eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Luftschadstoffen und Pathogenen aufweisen, geringe Ansprüche an Bodenfaktoren haben und hohe pH-Werte ertragen können (ROLOFF, 2008). Auch die Resistenz gegenüber Auftausalzen kann maßgeblich sein. Eine Baumart mag einen oder mehrere Schadfaktoren gut ertragen können, aber bestimmt nicht alle. Da je nach Standort immer mehrere unterschiedliche Schadfaktoren auf den Baum einwirken können, ist davon auszugehen, dass der perfekte Stadtbaum, der bedenkenlos überall gepflanzt werden kann, nicht existiert (MEYER, 1998). Auf der Suche nach dem geeigneten Baum für einen bestimmten Stadtstandort sind Listen aus der einschlägigen Fachliteratur über die jeweiligen Eigenschaften der Bäume hilfreich um die Vorteile und Risiken der jeweiligen Pflanzung im Vorhinein abzuschätzen zu können.

2.3.1.1. Trockenstress – Trockenresistenz

Mit Wassermangel und damit einhergehendem Trockenstress ist jeder Baum in der Stadt des Öfteren konfrontiert. Aufgrund vorherrschender Klimaprognosen sind künftig vermehrt sehr trockene Sommer in unseren Breiten zu erwarten. Trockenstress bewirkt bei den meisten Bäumen zunächst den Schluss der Stomata und somit eine geringere Stoffproduktion.

Hält diese Situation für längere Zeit an beginnt der Baum Wasser aus den Blättern zu entziehen und diese abzuwerfen. Im darauf folgenden Jahr werden dann kleinere Blätter ausgebildet, um die Blattoberfläche zu verringern. Weiters ist eine Abnahme der apikalen Dominanz auffällig, also geringeres Höhenwachstum. Die Jahrestrieblängen nehmen ab, Kurztriebe werden vermehrt ausgebildet. Diese leiten aber wiederum schlechter Wasser als Langtriebe, wodurch deren Blätter in den Folgejahren wiederum vermehrtem Trockenstressrisiko ausgesetzt sind. Diese Triebe werden dann während der nächsten Trockenstressperiode vom Baum vollständig abgeworfen (RUST, ROLOFF, 2008). Andauernder Trockenstress führt demnach zum Tod des Baumes. Wie eine Baumart mit Trockenheit umzugehen vermag, ist in großen Städten also eines der wichtigsten Auswahlkriterien für Stadtbäume.

Die Pflanzen haben im Laufe der Evolution Strategien entwickelt der Trockenheit entweder durch Tolerieren, Verzögern oder Vermeiden der Austrocknung entgegenzuwirken.

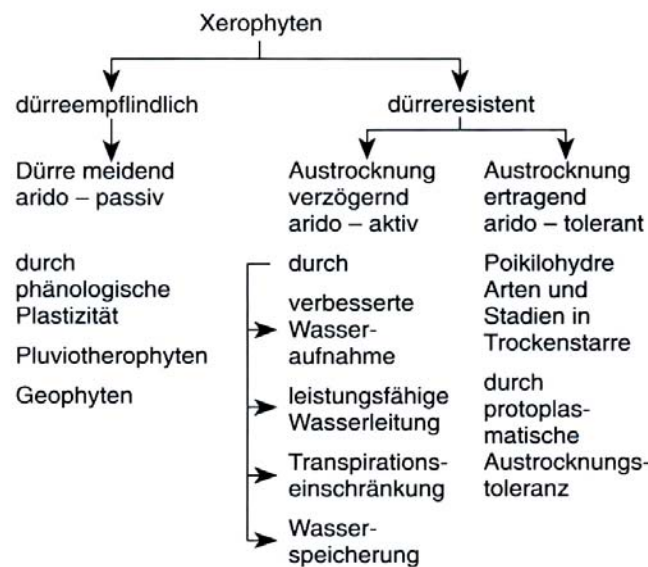


Abb.7: Strategien von Pflanzen um Vertrocknen zu vermeiden (aus: LARCHER, 1994, S. 307)

Das Vermeiden von Trockenheit beruht auf dem Prinzip eines raschen Lebenszyklus, in dem Trockenperioden als unempfindliche Organe oder als Samen überdauert werden. Diese Strategie kommt für langlebige Holzpflanzen daher nicht in Frage. Auch das Ertragen von Austrocknung der Zellen ist bei Bäumen nicht möglich.

Bäume können jedoch durch einige Mechanismen die Austrocknung verzögern. So z.B. durch eine **verbesserte Wasseraufnahme**. Dies geschieht durch die Vergrößerung der aktiven Wurzeloberfläche, indem ein besonders weit- und vor allem tiefreichendes Wurzelsystem ausgebildet wird.

Das Verhältnis Wurzel zu Spross verändert sich zugunsten der Wurzel um in feuchtere Bodenschichten vorzudringen und so für längere Zeit Wasser zur Verfügung zu haben (LARCHER, 1994). So können Bäume auf trockenen Standorten Wurzeltiefen erreichen, welche für ihre Art eher ungewöhnlich anmuten. Bei geringem Bodenvolumen, wie z.B. auf flachgründigen Böden aber auch auf Bauwerken wie Tiefgaragen ist diese Möglichkeit zur verbesserten Wasseraufnahme für die Bäume stark eingeschränkt. Das **Wasserleitungsvermögen** zu erhöhen trägt ebenfalls zur Verbesserung der Wasserversorgung bei. Erreicht wird das durch die Vergrößerung der Leitgewebe, also mehr Xylemfläche und dichtere Blattaderung, sowie durch Verkürzung des Transportweges durch geringeren Längenzuwachs (LARCHER, 1994). Auch die **Wasserspeicherung** in Rinde und Holz kann Bäumen helfen Trockenperioden zu ertragen. Die **Einschränkung der Transpiration** ist eine sehr wirksame Methode zur Austrocknungsverzögerung. Zum einen kann der Baum durch rechtzeitiges Schließen der Stomata, zum anderen durch die Modifikation von Pflanzenteilen die Transpiration verringern. Blätter, die in Trockenperioden heranwachsen, haben kleinere und mehr Spaltöffnungen, welche bei Austrocknungsgefahr wesentlich schneller reagieren können.

Evolutionär bedingte Modifikationen von Pflanzenorganen als Anpassungen an Trockenheit können ein gutes Indiz für die Eignung und Verwendung von Bäumen auf trockenen Standorten sein. An Trockenheit angepasste Pflanzenarten haben oft:

- **kleine und dicke Blätter**, wodurch das Verhältnis Blattoberfläche zu -volumen verringert und deshalb verhältnismäßig weniger Wasser transpiriert wird.
- einen **dicken Wachsüberzug** auf den Blättern, was die cuticuläre Transpiration minimiert.
- **kleinere Stomata** nur an der **Blattunterseite**. Die Blattoberseite wird durch die direkte Sonnenbestrahlung stärker erwärmt und so würde dort über Stomata mehr Wasser durch Transpiration verloren gehen als an der Blattunterseite. Die Spaltöffnungen sind meist in kleine Vertiefungen eingebettet, sie sind dadurch besser vor trockenem Wind geschützt. Oft sind die Bereiche rund um die Spaltöffnungen behaart, was die Windgeschwindigkeit und somit die Transpiration verringert.
- **stark behaarte, filzige Blätter**. Die Haare bewirken eine hohe Reflexion der Sonneneinstrahlung, sodass die Blätter weniger stark erwärmt werden und deshalb weniger transpirieren.

2.3.1.2. Winterhärte

Die Mechanismen von Pflanzen um Frostschäden zu vermeiden sind vielfältig und je nach Art aber auch in verschiedenen Geweben und Organen einer Pflanze unterschiedlich. Neben den artbedingten Grenztemperaturen der Frostresistenz spielt hier vor allem die Geschwindigkeit des Temperaturabfalls eine Rolle, da sich die Frostresistenz im Laufe des Jahres verändert.

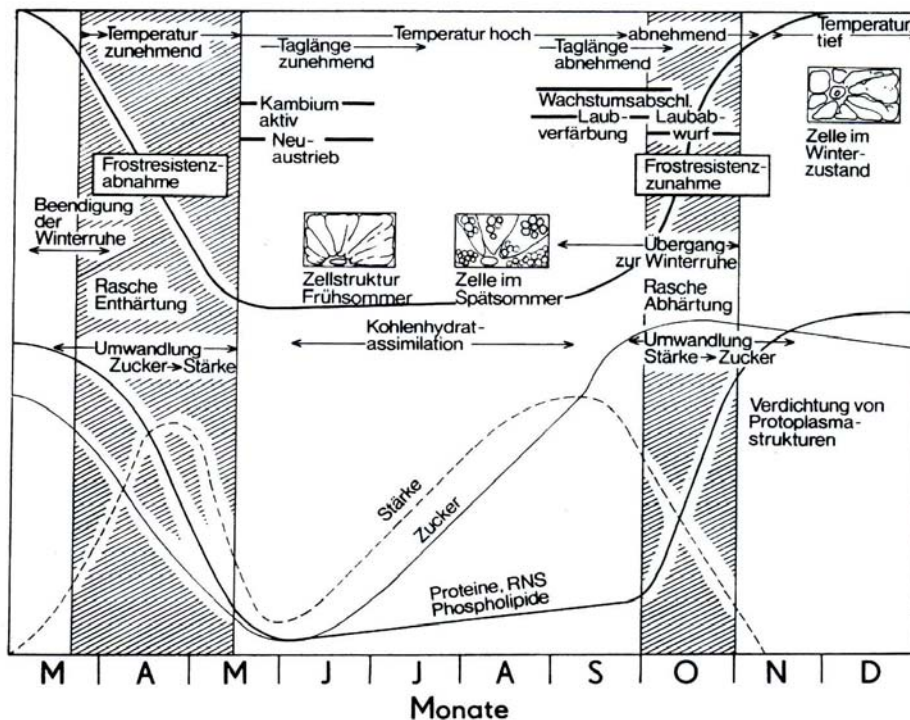


Abb.8: Übersicht über die phänologischen, cytologischen, cytochemischen und resistenzphysiologischen Vorgänge im Zusammenhang mit dem Erwerb und dem Verlust hoher Frosthärte am Beispiel der Robinie; nach SIMINOVICH, 1981 (aus: LARCHER, 1994, S.287)

Spät- und Frühfröste treffen die Pflanze sozusagen „unvorbereitet“. In der Stadt sind die Bäume einem erhöhten Risiko durch solche Ereignisse ausgesetzt, da sie bedingt durch die höheren Stadttemperaturen im Frühjahr schneller austreiben und im Herbst den Triebabschluss später vollziehen. Auch eine Überversorgung an Nährstoffen und Wasser im Herbst kann neben der Abwärme von Gebäuden und Warmluft aus Entlüftungsanlagen den Triebabschluss verzögern. Vor allem viele fremdländische Arten, welche gerne aufgrund ihrer Trockenresistenz im städtischen Bereich gepflanzt werden, brauchen einen langen, warmen Herbst zum Triebabschluss und die Nachreife und sind daher etwas anfälliger auf Frühfröste (KRUPKA, 1992). Die Fähigkeit Frostschäden zu kompensieren ist natürlich auch von der jeweiligen physiologischen Konstitution des Einzelbaumes abhängig, welche wiederum stark von der Standortgüte abhängt.

2.3.1.3. Wurzelform

Es lassen sich drei Grundtypen von Wurzelsystemen unterscheiden, Pfahlwurzel, Herzwurzel- und Senkerwurzelsystem/Flachwurzler. Periodische Trockenperioden werden am besten von Arten mit Pfahlwurzelsystem ertragen, deren tiefreichende Wurzeln auch Wasser in tieferen Bodenschichten erreichen. Das Wurzelsystem von Flachwurzlern ist dagegen besser an rasch abfließende, häufige Niederschläge angepasst. Arten mit Herzwurzelsystem gedeihen am besten an Standorten mit mittleren Feuchtigkeitsverhältnissen (LYR et.al., 1992). Was die Versorgung der Bäume mit Wasser und Nährstoffen betrifft, sind demnach tiefwurzelnende Arten an Stadtstandorten bevorzugt. Abgesehen davon sind flachwurzelnende Bäume entlang öffentlicher Verkehrswege aufgrund der Windwurfgefährdung generell zu vermeiden.

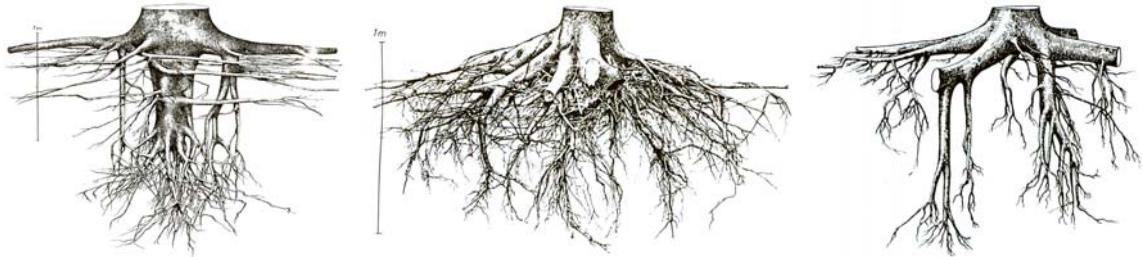


Abb.9: Beispiele für die Grundtypen von Wurzelsystemen: von links nach rechts: *Pinus sylvestris* (Pfahlwurzelsystem), *Tilia cordata* (Herzwurzelsystem), *Picea abies* (Flachwurzler); (aus: KÖSTLER et.al., 1968)

Je nach Umweltbedingungen kann sich dieser Grundtyp der Wurzelform sehr stark verändern. Die Wurzeln wachsen gewissermaßen den „guten Bedingungen“ hinterher. So können beispielsweise eigentlich tiefwurzelnende Arten bei Sauerstoffmangel in tieferen Bodenschichten extrem flach wurzeln oder aber auch eher flachwurzelnende Pflanzen artuntypisch in die Tiefe wachsen um ein vorhandenes Wasserreservoir anzupapfen.

2.3.1.4. Mykorrhiza

Unter Mykorrhiza versteht man die Symbiose zwischen den Wurzeln höherer Pflanzen und verschiedenen Pilzen. Über 95% aller Gefäßpflanzen sind dazu befähigt Mykorrhizen mit den passenden Pilzpartnern einzugehen, wenn diese im Boden vorhanden sind (CAMPBELL, 1997). Man unterscheidet zwischen zwei Grundtypen dieser Symbiose. Bei der **Ektomykorrhiza** hüllt der Pilz die Wurzeln mit einem dichten Hyphengeflecht ein, welches auch in die Zwischenräume der Rindenzellen wächst. Bei der **Endomykorrhiza** dringen die Pilzhyphen direkt in die Wurzelzellen ein und bilden dort Vesikel oder büschelartige Verzweigungen. Für den Baum bedeutet diese Verbindung mit den weit in den oberen Bodenschichten verbreiteten Pilzhyphen eine enorme Vergrößerung der Wurzeloberfläche und somit eine verbesserte Wasser- und Nährstoffaufnahme-fähigkeit.

So ist die resorbierende Oberfläche mit Mykorrhiza im Vergleich zum „nackten“ Wurzelsystem um das 100 bis 1000 fache größer (BALDER, 1998). Abgesehen davon beeinflussen die Pilze auch direkt das Wurzelwachstum, indem durch die Absonderung von stimulierenden Stoffen Wachstum und Verzweigungen gefördert werden.

Gleichzeitig gehen viele Ionen durch die Säureabscheidungen und Enzyme der Pilze überhaupt erst in Lösung und können demnach effizienter aufgenommen werden. Der Großteil der Nährstoffe wird direkt an den Baum weitergeleitet, ein kleinerer Part wird gespeichert und steht dann in Bedarfsituationen zur Verfügung (KUTSCHEIDT, 2008). Auch schützen die Mykorrhizapilze die Bäume vor gewissen Pathogenen im Boden (CAMPBELL, 1997). Im Gegenzug für die verbesserte Nährstoffaufnahme erhält der Pilz zur Ernährung Photoassimilate vom Baum. An natürlichen Standorten sind die passenden Pilzarten meist im Boden vorhanden, demnach sind die einzelnen Baumarten evolutionär bedingt mehr oder weniger von ihrer Anwesenheit abhängig. Auf künstlichen Stadtstandorten sind Mykorrhizapilze oft gar nicht vorhanden oder es sind die Lebensbedingungen für sie oft schlecht, da sie sehr empfindlich auf Sauerstoffmangel im Boden reagieren. Für Standorte, an denen dauerhaft mit Bodenverdichtungen, Versiegelungen, Staunässe etc. zu rechnen ist, sind demnach Baumarten zu verwenden, welche auch ohne bzw. mit geringer Dichte von Mykorrhizapilzen gedeihen können. An gut durchlüfteten Standorten hingegen ist die Beimpfung des Bodens mit den passenden Pilzen schon bei der Pflanzung sinnvoll um Mangelerscheinungen der Bäume zu vermeiden. Damit kann häufig ein kräftigeres Wachstum, geringere Ausfallraten und eine bessere Vitalität der Jungbäume erreicht werden. Auch nachträgliche Beimpfungen von Baumstandorten geschädigter Bäume haben bereits gute Ergebnisse erzielt (KUTSCHEIDT, 2008). Bei verdichteten Böden ist gleichzeitig zur Mykorrhizabeimpfung eine Lockerung bzw. ein Oberbodenaustausch ratsam, wobei eine gleichzeitige starke, Düngung unbedingt zu vermeiden ist (BALDER, 1998).

2.3.1.5. Salztoleranz

Halophile Pflanzen kommen in unseren Breiten, fernab vom Meer naturgemäß kaum vor. Dennoch gibt es Unterschiede zwischen den Arten, was die Toleranz gegenüber Versalzung betrifft. Da einmal salzgeschädigte Bäume nur sehr selten wieder revitalisiert werden können, sollten an Streusalz belasteten Stellen unbedingt Bäume gewählt werden, die verhältnismäßig salztolerant sind (LARCHER, 1994).

2.3.2. Gestalterische und funktionelle Eigenschaften als

Auswahlkriterium

Die Auswahl der Bäume erfolgt natürlich auch nach ihrem Aussehen. Bäume sind gestaltende Elemente, so werden Baumgröße, Kronenform, Dichte der Belaubung, Blattform und -größe, sowie besonders schöne Herbstfärbung oder Blütenpracht in die Planung eines Ortes miteinbezogen. Auch historische Gründe können ausschlaggebend für die Baumartenwahl sein, wie bei Ersatzpflanzungen in einer alten Allee.

Die Auswahl der Bäume nach funktionellen Eigenschaften verfolgt eine Reihe von praktischen Überlegungen. So müssen z.B. Straßenbäume einen hohen Kronenansatz aufweisen um das Lichtraumprofil zu gewährleisten. An öffentlichen Straßen und Plätzen muss die Verkehrssicherheit gegeben sein. Bäume, die zu Astbruch neigen, wie die Schwarzpappel, sind hier ungeeignet.

In einem Gastgarten wird man eher einen breitkronigen Laubbaum als einen schmalen Nadelbaum als Schattenspender setzen und neben einem Kinderspielplatz keine Bäume mit giftigen Pflanzenteilen. Die gestalterischen und funktionellen Auswahlkriterien der verschiedenen Baumarten widmen sich also jenen Eigenschaften, welche wir uns im Alltag von ihnen erwarten, während sich die Auswahl in Bezug auf die Standortverhältnisse mit dem Wohlbefinden der Bäume an ihrem künftigen Standort beschäftigt. Bei der Artenwahl müssen also zuerst die Standortbedingungen berücksichtigt werden, erst dann können Bäume nach gestalterischen Aspekten ausgewählt werden.

2.4. Anforderungen an die Pflanzen- und Bodenqualität

„Ziel einer Baumpflanzung sollten Bäume sein, die sich entsprechend dem Begrünungsziel entwickeln und die vorgesehene Funktion möglichst lange erfüllen können“ (FLL, 2004, S.12).

In der Richtlinie werden folgende Voraussetzung hierfür genannt:

- artgerechte Verwendung der Pflanzen unter Beachtung ihrer Eigenschaften und Ansprüche an den Standort;
- **einwandfreie Qualität der Pflanzen;**
- **fachgerechte Ausführung** der Pflanzarbeiten, **Bodenarbeiten** und der Anwuchspflege;
- fachgerechte Entwicklungs- und Erhaltungspflege;
- **Erhaltung eines geeigneten Baumumfelds;**

2.4.1. Anforderungen an die Pflanzen

2.4.1.1. Herkunft der Baumschulware

Verpflanzt man einen Baum aus der Baumschule am Land an seinen Bestimmungsort in der Stadt, entspricht das einer Verpflanzung in eine andere Klimazone (DOBNER, 1993). Diese Tatsache allein löst nach der Auspflanzung schon eine Stresssituation für den Baum aus. In der Baumschule wurde der Baum mit Nährstoffen und Wasser meist immer gut versorgt, um ein optimales Wachstum zu erreichen. Dementsprechend hat sich der Baum auch physiologisch an den guten Standort angepasst. Solche Bäume zeigen eine wesentlich geringere Trockenstresstoleranz als jene, die schon öfters mit Trockenheit konfrontiert wurden. Deshalb sollte Bäumen, die in der Baumschule abgehärtet worden sind, der Vorzug gegenüber besonders groß und schön gewachsenen gegeben werden. Sinnvoll wäre es Sorten und Herkünfte zu verwenden, welche trockenstresstolerant sind.

2.4.1.2. Pflanzenqualität

Beim Ankauf der zukünftigen Stadtbäume muss die Qualität der Ware überprüft werden. Dabei ist in erster Linie auf einen geraden Stamm, gleichmäßige Kronenausbildung und gute Bewurzelung zu achten (FLORINETH, 2004). Die Bewurzelung muss verhältnismäßig zur Krone dementsprechend ausgeprägt sein, darf keine Missbildungen aufweisen und muss einen ausreichenden Anteil an Feinwurzeln haben.

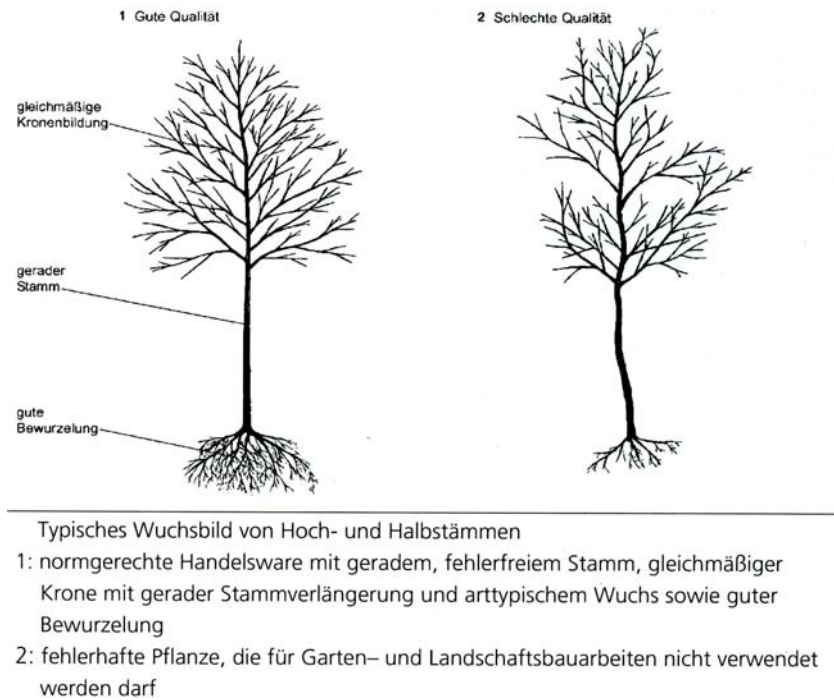


Abb.10: Anforderungen an die Qualität von Hochstämmen (aus: FLORINETH, 2007)

2.4.2. Anforderungen an die Bodenqualität – Stadtbaumsubstrate

Pflanzen brauchen zum Leben bekanntlich Luft, Wasser und Nährstoffe in ausreichender Menge. Der Großteil der Versorgung mit Wasser und Nährstoffen geschieht über den Boden. Ein Substrat mit hoher Wasserspeicherkapazität und einem hohen Nährstoffgehalt müsste also das Baumwachstum garantieren. Böden mit einem hohen Feinkornanteil speichern Wasser besser als grobkörnige, ein hoher Anteil an organischer Substanz stellt sehr viele Nährstoffe bereit.

Eine solche Herangehensweise ist jedoch im städtischen Bereich meist das Todesurteil für den Baum. Zu viele negative Einflüsse wirken auf die Bodenstruktur (siehe Kap.2.2.2.). Gute Stadtbaumsubstrate sind ganz im Gegenteil mager, also mit geringem Nährstoffgehalt und grobkörnig um die folgenden Anforderungen in Bezug auf den Wasser-Luft-Haushalt nach BALDER (1998) erfüllen zu können:

- hohe Struktur- und Verdichtungsstabilität;
- hoher Anteil an luftführenden Poren um die Wurzelaktivität aufrecht zu erhalten;
- hohe Wasserleitfähigkeit um Staunässe zu vermeiden;

Dabei muss das Substrat aber auch folgende vegetationstechnische und wirtschaftliche Eigenschaften aufweisen (BALDER, 1998):

- ausreichende Wasserspeicherfähigkeit, sodass kaum eine zusätzliche Bewässerung notwendig ist;
- ausreichende Nährstoffversorgung;
- Wirtschaftlichkeit, durch Verwendung möglichst günstiger Materialien aus der Umgebung;

Das optimale Stadtbaums substrat ist also weit entfernt von einem natürlich gewachsenen Bodenaufbau, wie er etwa in einem Wald im Laufe der Zeit entsteht.

2.4.2.1. FLL – Empfehlungen für Baumpflanzungen

Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) unterscheidet in der Richtlinie „Empfehlungen für Baumpflanzungen“ (2004) zwischen zwei Bauweisen von Pflanzgruben für Stadtbäume. Pflanzgrubenbauweise 1 wird auf freien Vegetationsflächen mit geringem Nutzungsdruck angewandt. Das Füllungsmaterial wird nicht überbaut und muss demnach auch nicht unterbaufähig sein. Pflanzgrubenbauweise 2 wird innerhalb befestigter Verkehrsflächen eingebaut. Dementsprechend muss der Untergrund und auch das Verfüllungsmaterial größeren Belastungen standhalten können.

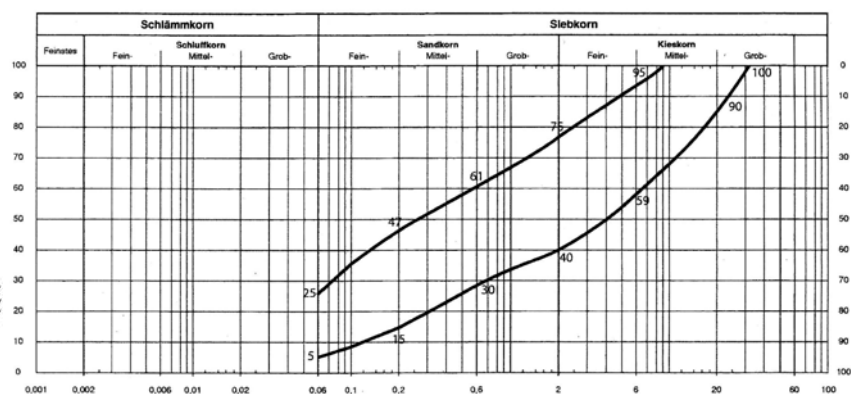


Abb.11: Pflanzgrubenbauweise 1 – Sieblinienbereich (aus: FLL, 2004)

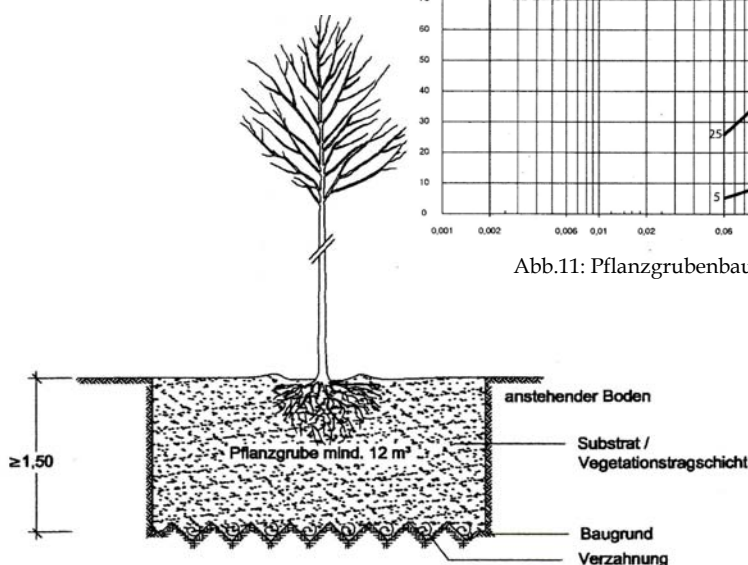


Abb.12: Pflanzgrubenbauweise 1 – Pflanzgrube nicht oder nur freitragend überbaut (aus: FLL, 2004)

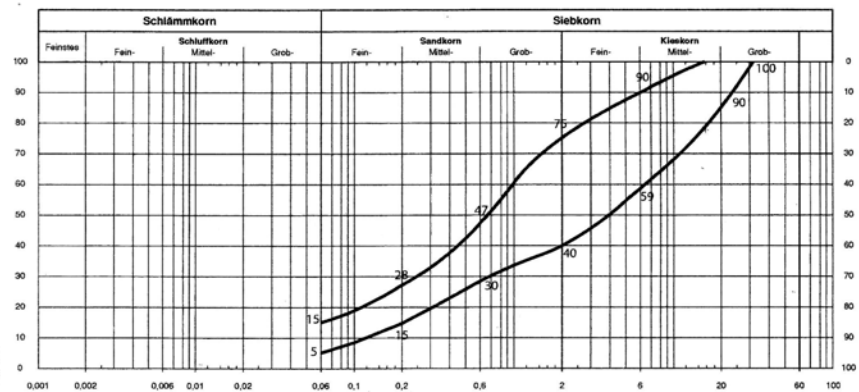


Abb.13: Pflanzgrubenbauweise 2 – Sieblinienbereich (aus: FLL, 2004)

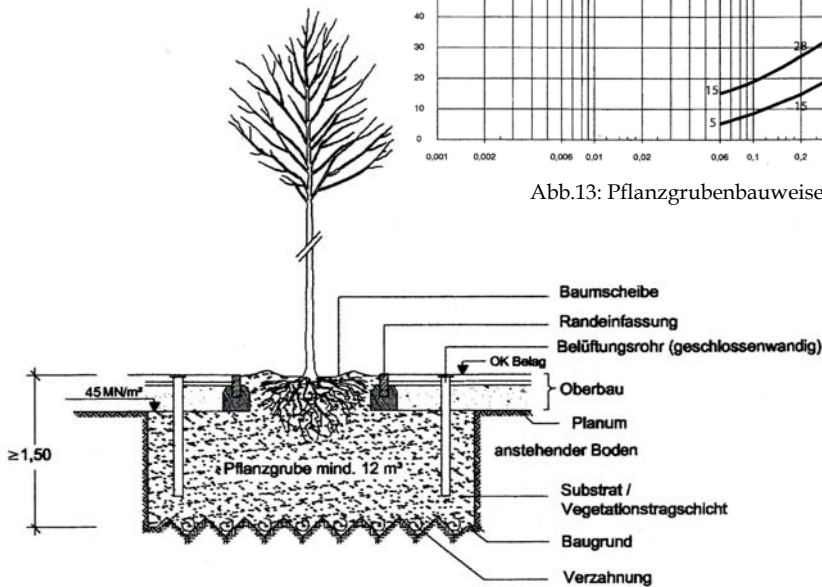


Abb.14: Pflanzgrubenbauweise 2 – Pflanzgrube ganz oder teilweise überbaut (aus: FLL, 2004)

Das Verfüllungsmaterial für die jeweilige Pflanzgrubenbauweise muss den in Abb.15 zusammengefassten Anforderungen gerecht werden.

Eigenschaften	Anforderungen		
	Einheit	Kennwert	
		Pflanzgruben- bauweise 1	Pflanzgruben- bauweise 2
Korngrößenverteilung			
Anteil abschlämmbarer Teile (d<0,063mm)	Masse-%	5 – 25	5 – 15
Größtkorn	mm	31,5	31,5
Bodenluft-/Bodenwasserhaushalt			
Wasserdurchlässigkeit K _f	m/s		1,0 x 10 ⁻⁶
Maximale Wasserkapazität	Vol. %		≥ 25
Gesamtporenvolumen	Vol. %		≥ 35
Luftvolumen bei pF 1,8	Vol. %		1/3 – 2/3 vom GPV
Bodenchemie			
organische Substanz	Masse-%	2,0 – 4,0	≤ 2,0
Salzgehalt	mg/100g	≤ 150	≤ 150
Tragfähigkeit			
Verformungsmodul	MN/m ²		≥ 45
Ev ₂ / Ev ₁			≤ 2,5
Einbau-Wassergehalt	Masse-%		≤ W _{PR}

Abb.15: Anforderungen an das Verfüllmaterial für Pflanzgrubenbauweise 1 und 2 (aus: FLL, 2004; verändert)

Auch der die Pflanzgrube umgebende Boden muss ausreichend durchwurzelbar sein, anderenfalls müssen Maßnahmen zur Beseitigung dieser Mängel ergriffen werden.

2.4.2.2. Beispiele für Stadtbaumsubstrate

2.4.2.2.1. Schönbrunner Mischung „alt“

In Wien wurden im Zuge einer Diplomarbeit von GILGE (2004) in den Jahren 2003 und 2004 Baumsubstrate und der Zustand der Bäume auf den unterschiedlichen Standorten untersucht. Dabei wurden vier unterschiedliche Substratmischungen getestet, eine Ziegelbruchmischung, eine Lavamischung, die Schönbrunner Mischung und eine Standard-Mischung der „Wiener Gärten“. Hierfür wurden Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte, Wasserdurchlässigkeit, Tragfähigkeit, Kationenaustauschkapazität, pH-Wert, C/N-Verhältnis sowie verfügbare Nährstoffe im Boden untersucht und der „Baumvitalität“ in Form von Triebblängenanalysen und Belaubungszustand der Bäume gegenübergestellt. Die Richtwerte zur Beurteilung der Bodenparameter wurden nach FLORINETH/MARGELIK (2003) und LIESECKE/HEIDGER (2000) gewählt.

MA 42 Standard-Mischung:
Unterschicht: sandig-lehmiger Unterboden; Oberschicht: Oberboden mit mindestens 2 % organischer Substanz;
Schönbrunner Mischung:
Unterschicht: 57 % Kies 32/45, 43 % Kiessand 1/4; Oberschicht: 37 % Kies 32/45, 27 % Kiessand 1/4, 18 % Unterboden, 18 % Rohkompost;
Ziegelbruch Mischung:
Unterschicht: 60 % Ziegelbruch 8/12, 20 % Kiessand 1/4, 20 % Unterboden; Oberschicht: 60 % Ziegelbruch 8/12, 20 % Kiessand 1/4, 10 % Unterboden, 10 % Rohkompost;
Lava Mischung:
Unterschicht: 70 % Lava 8/18, 30 % sandig-lehmiger Unterboden; Oberschicht: 70 % Lava 8/18, 20 % Oberboden, 10 % Rohkompost;

Abb.16: Zusammensetzung der untersuchten Baumsubstratmischungen (aus: GILGE, 2004, S.17, verändert)

Als Ergebnis der Arbeit konnte eine Reihung der Substrate nach deren Qualität in Bezug auf Substrateigenschaften, Triebblängenwachstum und Baumvitalität, sowie den Produktionskosten vorgenommen werden.

Reihung	Substratqualität, Baumvitalität und Triebblängen in abnehmender Reihenfolge	Kosten in abnehmender Reihenfolge
1	Schönbrunner Mischung	MA 42 Standard-Mischung
2	Lava Mischung	Ziegelbruch Mischung (+40%)*
3	Ziegelbruch Mischung	Schönbrunner Mischung (+45%)*
4	MA 42 Standard Mischung	Lava Mischung (+70%)*

Abb.17: Bewertung der untersuchten Substratmischungen nach Substratqualität, Baumvitalität sowie nach Herstellungskosten (GILGE, 2004, S.94)*... Prozentwert stellt den Mehrkostenaufwand zur MA 42 Standard-Mischung dar

Die Standardmischung der MA 42 bestand die qualitativen Anforderungen nicht, in erster Linie aufgrund ihrer sehr hohen Ton- und Schluffanteile, welche die Richtwerte um das Doppelte bis Dreifache überschritten. Neben diesem schwerwiegenden Mangel wurden als positive Eigenschaften geringe Humusgehalte sowie niedrige Nährstoffgehalte vor allem von Kalium und Phosphor festgestellt. Die Ziegelbruch und die Lava Mischung zeigten in Bezug auf die Korngrößenverteilung ein anderes Ergebnis: Der Sandgehalt war zugunsten der Kiesfraktion viel zu niedrig, was zwar eine gute Durchlüftung des Bodens gewährleistet, jedoch die Wasserspeicherfähigkeit zu stark einschränkt. Die Schönbrunner Mischung als „Testsieger“ bestand diesbezüglich alle Kriterien. Auf der finanziellen Seite sind die Kosten für die Lava Mischung mit 70% Mehraufwand im Vergleich zur MA 42 Standardmischung sehr hoch. Für die Ziegelbruch- und die Schönbrunner Mischung muss mit 40% bzw. 45% höheren Kosten gerechnet werden (GILGE, 2004). Verglichen mit später anfallenden Sanierungsmaßnahmen bei unzureichender Substratqualität ist dieser Mehraufwand an Substratkosten jedoch irrelevant.

Die Schönbrunner Mischung wurde von der HBLFA Wien Schönbrunn in Zusammenarbeit mit der Magistratabteilung 42 – „Wiener Gärten“ entwickelt. Als Grundlage bzw. Zielsetzung wurden die beiden deutschen Richtlinien „ZTV -Vegtra-Mü (2002): Zusätzliche Technische Vorschriften für die Herstellung und Anwendung verbesserter Vegetationstragschichten“ und „FLL (2004): Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2: Standortvorbereitung für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung; Bauweisen und Substrate“ herangezogen.

GILGE (2004) untersuchte, aus Baumscheiben in der Fendigasse (1050 Wien) und am Seckendorff-Gudent-Weg (1130 Wien) entnommenes, Material der Schönbrunner Mischung. Hinsichtlich der Korngrößenverteilung wurden folgende Ergebnisse festgestellt:

- | | |
|---------------------------------|----------|
| ➤ Ton und Schluff (< 0,063 mm): | 11 – 12% |
| ➤ Sand (0,063 – 2 mm): | 42 – 56% |
| ➤ Kies (> 2mm): | 32 – 47% |

Diese Werte entsprechen zum Großteil den Vorgaben der beiden Richtlinien, wobei in der Bodenprobe aus der Fendigasse der Anteil der Sandfraktion im Verhältnis zur Kiesfraktion ein wenig zu hoch ist.

Korngrößenverteilung	GILGE (2004)		Richtlinien für Baumpflanzungen	
	Fendigassee	Seckendorff-Gudent-Weg	FLL (2004)	ZTV-Vegtra-Mü (2002)
Ton und Schluff (< 0,063 mm)	11%	11%	5 – 25%	10 – 25%
Sand (0,063 – 2 mm)	56%	42%	35 – 50%	35 – 45%
Kies (> 2 mm)	34%	47%	25 – 60%	30 – 55%

Abb.18: Anteile von Ton/Schluff, Sand und Kies in der Schönbrunner Mischung der untersuchten Baumstandorte Fendigassee und Seckendorff-Gudent-Weg (GILGE, 2004) im Vergleich zu den Vorgaben der Richtlinien für Baumpflanzungen FLL (2004) und ZTV-Vegtra-Mü (2002)

2.4.2.2.2. Schönbrunner Mischung „neu“

Bisher erfolgten die Mischung und der Einbau der Schönbrunner Mischung jeweils vor Ort, wodurch sich Abweichungen in der Zusammensetzung der Korngrößen an den unterschiedlichen Standorten ergaben. 2007 wurde eine standardisierte Sieblinie der Schönbrunner Mischung ausgearbeitet, nach der das Substrat seither hergestellt wird (SCHMIDT, 2008). Das Oberbodensubstrat entspricht den Kriterien für die nicht überbaubaren Bauweisen der ZTV Vegtra-Mü (2002) und der FLL (2004) Richtlinie.

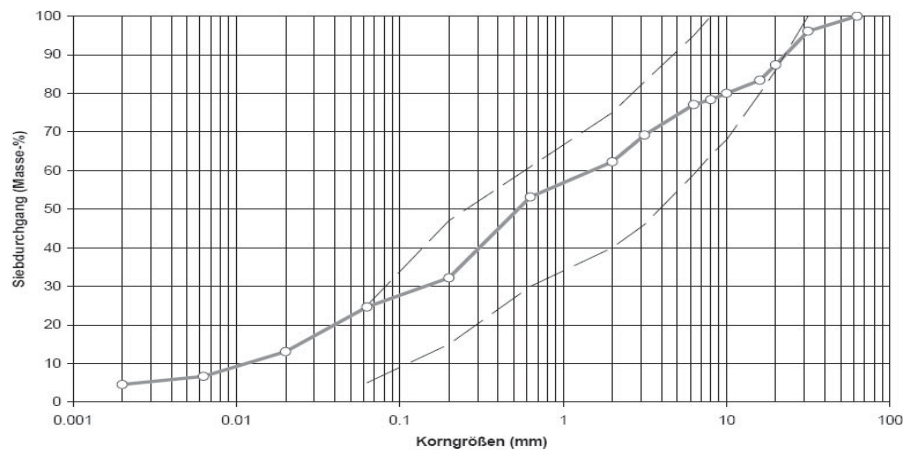


Abb.19: Oberbodensubstrat der Schönbrunner Mischung (durchgezogene Linie im Vergleich zum Sieblinienbereich der FLL, 2004 (strichlierte Linien), (aus: SCHMIDT, 2008);

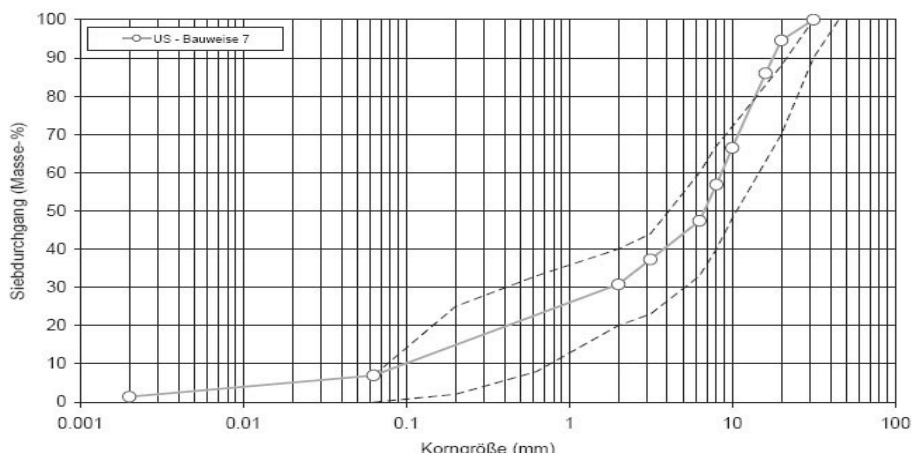


Abb.20: Oberbodensubstrat der Schönbrunner Mischung (durchgezogene Linie) im Vergleich zum Sieblinienbereich der ZTV-Vegtra-Mü, 2002 (strichlierte Linien), (aus: SCHMIDT, 2008);

Der Vergleich dieser standardisierten Schönbrunner Mischung (Schönbrunner Mischung „neu“) mit den Ergebnissen von GILGE, 2004 (Schönbrunner Mischung „alt“) zeigt einen um ca. 10% höheren Anteil an Ton und Schluff im Substrat.

Korngrößenverteilung	Schönbrunner Mischung „alt“		Schönbrunner Mischung „neu“
	Fendigasse	Seckendorff-Gudent-Weg	
Ton und Schluff (< 0,063 mm)	11%	11%	25%
Sand (0,063 – 2 mm):	56%	42%	38%
Kies (> 2mm):	34%	47%	37%

Abb.21: Anteile von Ton/Schluff, Sand und Kies in der Schönbrunner Mischung der untersuchten Baumstandorte Fendigasse und Seckendorff-Gudent-Weg (GILGE, 2004) (Schönbrunner Mischung „alt“) im Vergleich zu den Anteilen von Ton/Schluff, Sand und Kies in der standardisierten Schönbrunner Mischung (Schönbrunner Mischung „neu“)

2.4.2.2.3. Mödlinger Substrat

Die Stadtgemeinde Mödling hat ein Substrat eigens für die Auffüllung von Baumscheiben im Stadtgebiet entwickelt. Das Mödlinger Substrat weist eine Korngrößenverteilung von 12% Ton/Schluff, 21% Sand und 67% Kies auf. Um die Anforderungen der Richtlinien FLL, 2004 und ZTV-Vegtra-Mü, 2002 zu erfüllen müsste der Anteil der Kiesfraktion zugunsten der Sandfraktion um ca. 15% verschoben werden. Bezüglich der Vitalität der Bäume die auf Standorten mit Mödlinger Substrat gepflanzt wurden konnten bis dato jedoch gute Erfahrungen gemacht werden.

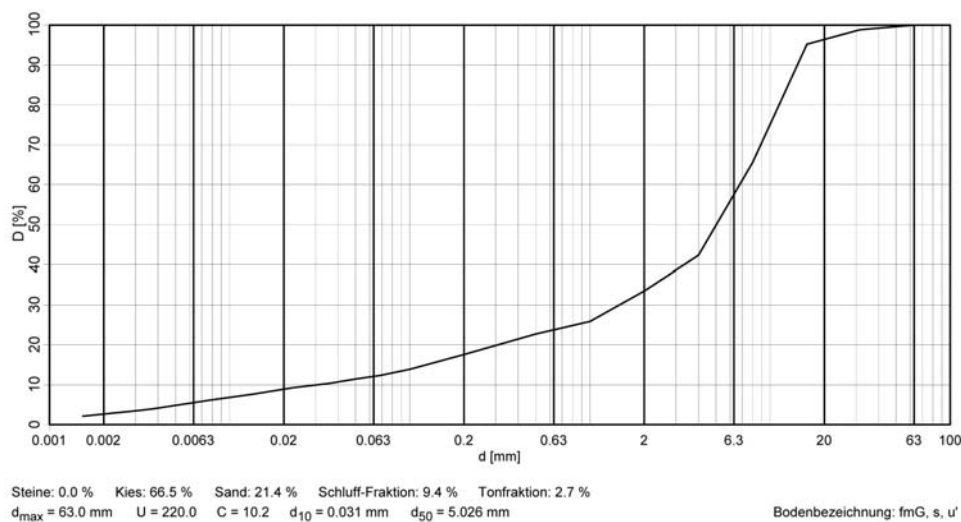


Abb.22: Korngrößenverteilung des Mödlinger Substrats, ausgewertet 2009;

3. STANDORTFAKTOR TIEFGARAGE

3.1. Problematik des Standortes

Die Begrünung von Tiefgaragendächern ist eine Form der Bauwerksbegrünung, welche in der heutigen Zeit aus Platzgründen immer öfter zur Anwendung kommt. Für die Pflanzen ist dieser Standort schon allein wegen der Lage in der Stadt „schwierig“. Hier ist aufgrund der Klimabedingungen und Standortsituationen Wassermangel meist der größte Stressfaktor für die Bäume. Auf einer Tiefgarage wird dieses Problem wegen des geringeren Bodenvolumens noch verstärkt, da die Tiefe des Substrates über dem Gebäude meist nicht mehr als 2 Meter beträgt. Nach KRUPKA (1992) bringt dieser in die Tiefe begrenzte Wurzelraum folgende Probleme mit sich:

- Das Tiefenwachstum der Wurzeln ist stark begrenzt, die Wurzelkonkurrenz wegen des geringeren Bodenvolumens erhöht.
- Nach einem Starkregenereignis momentan überschüssiges Niederschlagswasser, das normalerweise in tiefere Bodenschichten absinkt und dort als Grundwasser den Bäumen zur Verfügung steht, muss über eine Drainageschicht abgeleitet werden.
- Aufgrund der Barriere durch das Bauwerk ist auch nicht mit einem kapillaren Wasseraufstieg aus tieferen Bodenschichten zu rechnen.

Die flachgründige Bodenschicht über dem Bauwerk kann auf Grund des geringeren Bodenvolumens Temperaturschwankungen nur schlecht abpuffern. Dieser Umstand verstärkt die ohnehin ungünstigen, städtischen Klimaverhältnisse, es kommt zu höheren Bodentemperaturen, einer stärkeren Aufheizung der Vegetationstragschicht, einer stärkeren Verdunstung des Bodenwassers und zu weniger Taubildung. An dieser Stelle sei auch die Abwärme der Tiefgarage erwähnt. Für die Bäume bedeutet das bei weniger verfügbarem Wasser einen höheren Transpirationsdruck, also mehr Trockenstress. Das Vorhandensein von Wasser bestimmt jedoch primär den Wirkungsgrad der Vegetation bezüglich ihrer klimatischen Funktion (KRUPKA, 1992). Bäume auf Tiefgaragen werden ohne regelmäßige Wässerung ihre klimatische Funktion demnach nicht so gut erfüllen können wie „normale“ Parkbäume. Ob die Bäume diese schwierige Standortsituation bewältigen können, hängt in hohem Ausmaß von der Bodenbeschaffenheit ab. Deshalb sollte ein besonderes Augenmerk auf die Wahl des Pflanzsubstrates gelegt werden.

Um das Überleben der Bäume auf diesen Standorten zu sichern, muss der Bodenaufbau zwar in der Lage sein, auch während der Vegetationsruhe fallende Niederschläge auf Dauer zu speichern, dabei dürfen aber keinesfalls Stauwasserzonen entstehen, welche die Sauerstoffversorgung der Baumwurzeln massiv beeinträchtigen und den Mineralstoffaustausch zwischen Vegetationstragschicht und Unterbodenschicht unterbrechen.

3.2. Anforderungen an den Bodenaufbau auf Tiefgaragen

Nach dem Bau von neuen Tiefgaragen wird oberhalb des Gebäudes Pflanzsubstrat großflächig angeschüttet und eingebaut. Hier besteht also die Möglichkeit auf der gesamten Fläche durch eine gute Auswahl und Verarbeitung der Materialien für die Bäume eine gute Bodensituation zu schaffen. Als solche ist im Sinne der Bäume eine ständige ausreichende Wasser-, Luft und Nährstoffversorgung im passenden Verhältnis zu verstehen. Wirtschaftlich gesehen ist der Bodenaufbau dann zufrieden stellend, wenn die Versorgung der Bäume weitgehend ohne aufwändige Pflegemaßnahmen, wie häufig erforderliche Bewässerungen oder Düngungen, funktioniert. Dieses Kapitel beschäftigt sich demnach mit der Frage nach dem geeigneten Baumsustrat und Bodenaufbau für Vegetationsflächen auf Tiefgaragen.

3.2.1. Dachbegrünungsrichtlinien

Die Begrünung von Parkanlagen auf Tiefgaragen entspricht einer intensiven Dachbegrünung mit dem Unterschied der weniger exponierten Lage als auf einem normalen Gebäudedach. Deshalb stammen die angeführten Anforderungen aus den entsprechenden Richtlinien für Dachbegrünungen:

- „Qualitätssicherung im Grünraum – Gründach, Richtlinie für die Planung, Ausführung und Erhaltung“ (ONR 121131, 2008) des österreichischen Normungsinstituts
- „Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ (FLL-2008) der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung - Landschaftsbau

Die Quelle wird in der folgenden Zusammenfassung der Anforderungen nicht extra vermerkt, wenn die Angaben in beiden Richtlinien ident angeführt werden. Nur grundlegende Unterschiede zwischen den Werken werden durch die Angabe der Quelle hervorgehoben.

3.2.1.1. Aufbau einer intensiven Dachbegrünung

Um die vielfältigen Funktion des Bodenaufbaus erfüllen zu können werden in der Regel mehrere unterschiedliche Funktionsschichten über dem Bauwerk eingebaut. Diese Schichten müssen in ihrer Wirkungsweise aufeinander abgestimmt werden. Je nach den verwendeten Materialien kann eine Schicht auch mehrere Funktionen erfüllen.

Die drei Hauptfunktionsschichten sind:

- Vegetationstragschicht
- Filterschicht
- Drainschicht

Folgende weitere Funktionsschichten werden unterteilt in:

- Schutzlage
- Durchwurzelungsschutz
- Trennlage
- Gleitlage

Die **Vegetationstragschicht** bildet die Grundlage für das Pflanzenwachstum. Sie ist der primäre Lebensraum für die Wurzeln, indem sie einen Großteil des durchwurzelbaren Raumes bereitstellt. Die **Drainschicht** ist dafür verantwortlich überschüssiges Sickerwasser so rasch wie möglich abzuleiten. Die **Filterschicht** verhindert das Einschlämmen von Feinanteilen aus der Vegetationstragschicht in die Drainschicht.

Die **Schutzlage** ist ein zusätzlicher Schutz für die Dachabdichtung und/oder den Durchwurzelungsschutz und kann abhängig vom verwendeten Material gleichzeitig Trennlage sein.

Abb.23: Beispiel für eine Schutzlage mit Wasserspeicherfunktion: Synthefasermatte aus Polypropylen der Fa. Zinco (Quelle: www.zinco.de)



Der **Durchwurzelungsschutz** verhindert das Eindringen von Pflanzenwurzeln in die Dachabdichtung. Er kann entweder aus oberhalb der Dachabdichtung angelegten Bahnen aus wurzelfestem Material wie Bitumen- oder Kunststofffolien bestehen oder durch eine wurzelfeste Dachabdichtung selbst erfolgen.

Abb.24:
Durchwurzelungsschutz: PVC – Folie der Fa. Optigrün (Quelle: www.optigruen.de)



Die **Trennlage** trennt Stoffe, die chemisch nicht miteinander verträglich sind.

Die **Gleitlage** verhindert unerwünschtes Klebverhalten zwischen Stoffen und/oder verringert die Scherbelastung zwischen zwei Schichten (FLL, 2008).

Abb.25: Beispiel für eine Trennlage, die gleichzeitig Gleitlage ist: Polyethylenfolie der Fa. Zinco (Quelle: www.zinco.de)



In Abhängigkeit von der Art des Durchwurzelungsschutzes wird zwischen den in Abb.26 und Abb.27 ersichtlichen zwei Schichtfolgen unterschieden.

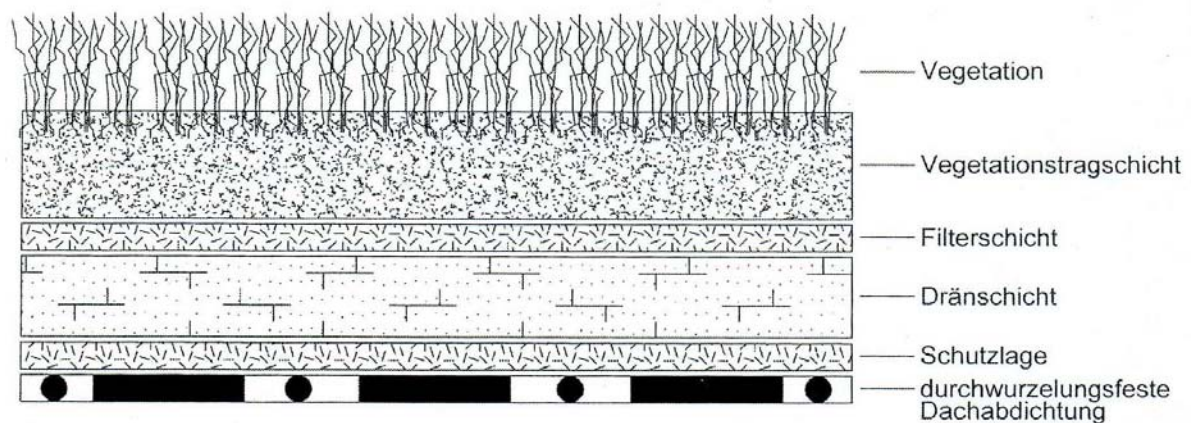


Abb.26: Schichtaufbau mit durchwurzelungsfester Dachabdichtung (aus: ONR 121131, 2008)

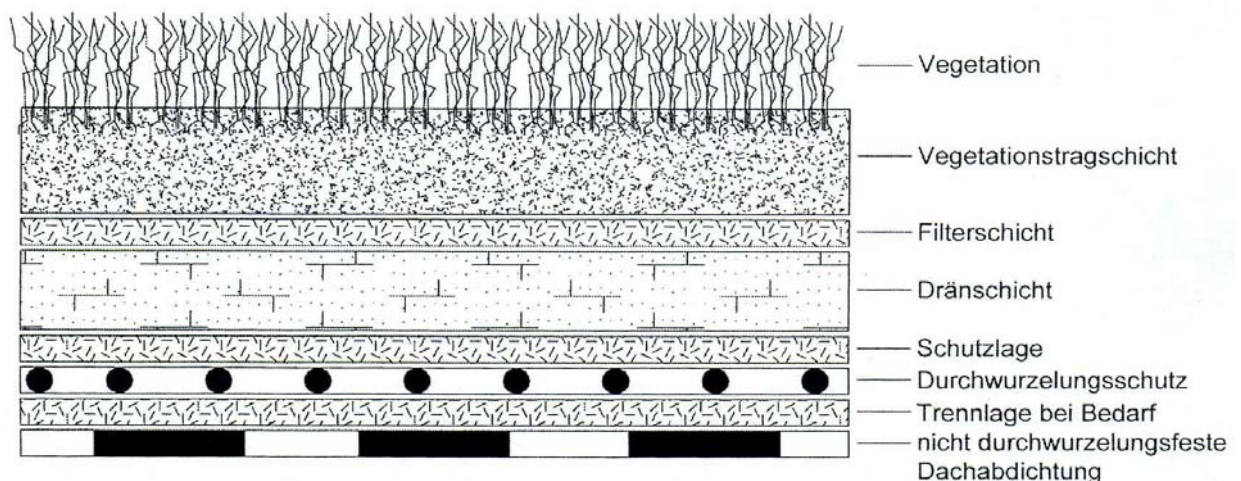


Abb.27: Schichtaufbau ohne durchwurzelungsfeste Dachabdichtung (aus: ONR 121131, 2008)

Je nach der stofflichen Ausbildung der einzelnen Funktionsschichten können diese mehrere Funktionen erfüllen, sodass dreischichtige, zweischichtige und einschichtige Bauweisen in Betracht kommen.

Bei dreischichtigen Bauweisen sind Vegetationstragschicht, Filterschicht und Drainschicht aus fast allen möglichen Stoffgruppen kombinierbar. Bei zweischichtigem Aufbau entfällt die Filterschicht. Vegetationstragschicht und Drainschicht müssen gegeneinander filterstabil sein. Das bedeutet, dass sich die Materialien dauerhaft nicht vermischen dürfen. Bei einschichtiger Bauweise muss der gesamte Aufbau voll drainfähig und filterstabil sein (ONR 121131, 2008).

In der nachfolgenden Tabelle sind die möglichen Stoffgruppen und deren Funktion/en im Schichtaufbau einer Dachbegrünung aufgelistet.

Stoffgruppe	VTS	FS	DS
Bodengemische			
• verbesserte Unter- und/oder Oberboden – Schüttstoffgemische	+		
• mineralische Schüttstoffgemische mit hohem Anteil an organischer Substanz	+		
• mineralische Schüttstoffgemische mit geringen Anteil an organischer Substanz	+	(+)	(+)
• mineralische Schüttstoffgemische ohne Anteil an organischer Substanz	+	+	+
Schüttstoffe; feinkörnig kornabgestuft			
• mineralische Schüttstoffe mit offenporiger Kornstruktur	+	+	+
Substratplatten	+	+	
Vegetationsmatten	+	+	(+)
Schüttstoffe; grobkörnig abgestuft			+
Dränmatten		+	+
Dränplatten			+
Dränelemente			+
Fertig-Gründachmodule	+	+	+

VTS ...Vegetationstragschicht, FS ...Filterschicht, DS ...Drainschicht;
+ ...möglich
(+) ...bei Steildachbegrünung möglich

Abb.28: Stoffgruppen und ihre Funktion im Schichtaufbau (aus: ONR 121131, 2008; verändert)

3.2.1.2. Anforderungen an die Hauptfunktionsschichten

3.2.1.2.1. Vegetationstragschicht

Die Vegetationstragschicht ist der primäre Lebensraum der Pflanzenwurzeln. Sie muss demnach intensiv durchwurzelbar sein und der Pflanze ausreichend Nährstoffe, Luft und Wasser zur Verfügung stellen. In dieser Schicht muss pflanzenverfügbares Wasser mit einer maximalen Wasserkapazität von 45 - 65 Vol.% gespeichert werden. Überschüssiges Wasser muss aber schnell abfließen, sodass auch bei maximaler Wasserkapazität zumindest 10 Vol.% der Grobporen luftgefüllt bleiben. Ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von 0,3 mm/min wird hier gefordert. Eine Obergrenze von 30 mm/min wird nur in der FLL-Dachbegrünungsrichtlinie angegeben.

Um diesen Zustand dauerhaft aufrecht zu erhalten muss die Vegetationstragschicht hohe Struktur- und Lagerungsstabilität aufweisen. Konkret darf sich das Substrat nach dem Einbau durch diverse Belastungen, wie Wassereinfluss, Eigengewicht des Aufbaus oder Belastungen durch Pflegearbeiten, im Mittel nicht mehr als 5 cm setzen. Diese Eigenschaft wird in hohem Ausmaß von der Korngrößenverteilung und der Kornform beeinflusst. Gebrochene Körner sind strukturstabiler und sollten deshalb bevorzugt werden. Der Gehalt an abschlämmbaren Teilen soll bei mehrschichtiger Bauweise 20 Masse-% und bei einschichtiger Bauweise 10 Masse-% nicht überschreiten. Davon wird ein geringerer Tongehalt ($d < 0,002 \text{ mm}$) von 3 - 10 Masse-% und ein etwas höherer Schluffgehalt ($0,002 \text{ bis } < 0,063 \text{ mm}$) von 10 - 17 Masse-% empfohlen.

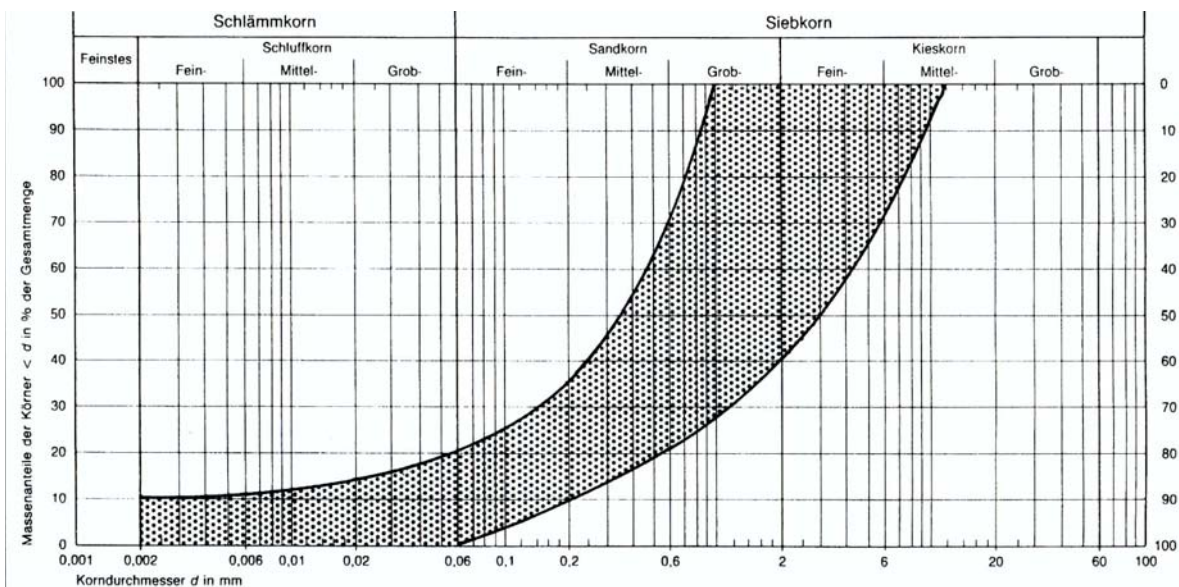


Abb.29: Kornverteilungsbereich für Vegetationssubstrate für intensive Dachbegrünungen (aus: FLL, 2008)

Im Vegetationssubstrat wird ein relativ geringer Gehalt an organischer Substanz angestrebt. Nach ONR 121131 (2008) gilt für Bodengemische ein Gehalt von 5 - 10 Masse-% und für Schüttstoffgemische 8 - 15 Masse-% in Oberflächennähe als ausreichend. Ab einer Tiefe des Substrats von mehr als 40 cm soll der Gehalt an organischer Substanz auf unter 8 Masse-% absinken. Die FLL (2008) gibt hier $\leq 90 \text{ g/l}$ an organischer Substanz für intensive Dachbegrünungen in mehrschichtiger Bauweise an.

Folgende Materialien können als Vegetationstragschicht für intensive Dachbegrünungen verwendet werden:

- Bodengemische: verbesserte Ober- und Unterböden;
- mineralische Schüttstoffe mit unterschiedlich starken Beimengungen organischer Substanz;

In beiden Fällen müssen die zum Teil bereits oben genannten und in der nachstehenden Tabelle ergänzten Anforderungen eingehalten werden.

Eigenschaften	Einheit	FLL, 2008	ONR 121131, 2008	
			Bodengemische	Schüttstoffg.
Korngrößenverteilung				
Anteil an Körnern $d \leq 0,063\text{mm}$	Masse-%	≤ 20	≤ 20	
Ton ($d < 0,002\text{mm}$)	Masse-%	3 - 10	3 - 10	
Schluff ($d = 0,002\text{ - }0,063\text{mm}$)	Masse-%	10 - 17	10 - 17	
Größtkorn	mm	≤ 16	-	
Lagerungsdichte				
im trockenen Zustand	g/cm ³	1,0 - 1,6	1,0 - 1,6	0,6 - 1,2
bei max. Wasserkapazität	g/cm ³	0,6 - 1,3	1,4 - 2,0	1,0 - 1,6
Strukturstabilität				
Setzung bei Schichtdicken ab 50 cm	cm	≤ 5	≤ 5	
Wasser-/Lufthaushalt				
Luftkapazität	Vol.-%	11	-	-
Luftgehalt bei maximaler Wasserkapazität	Vol.-%	≥ 10	≥ 10	≥ 10
Luftgehalt bei pF 1,8	Vol.-%	≥ 20	≥ 15	≥ 20
Maximale Wasserkapazität	Vol.-%	45 - 65	45 - 65	45 - 65
Wasserdurchlässigkeit K_f	mm/min	0,3 - 30	0,3	0,3
pH-Wert, Kalk- und Salzgehalt				
pH – Wert [CaCl ₂]		5,5 - 8	5,5 - 8	
Carbonatgehalt	g/l	≤ 25	25	
Salzgehalt	g/l	2,5	2,5	
...anzustreben	g/l	-	1	
Anteil an organischer Substanz				
Anteil organischer Substanz	g/l	≤ 90	-	-
Anteil organischer Substanz	Masse-%	-	5 - 10	8 - 15
In einer Bodentiefe von > 40	Masse-%	-	-	< 8
C/N Verhältnis		≤ 6	≤ 15	≤ 15
C/N Verhältnis bei Verwendung		-	-	-
von Rindenhumus / Kompost	Masse-%	-	45	45
von Torf	Masse-%	-	60	60
Adsorptionskapazität	mval/l		140	120
Pflanzenverfügbare Nährstoffe				
Stickstoff (N)	mg/l	≤ 80	60 - 120	
Phosphor (P ₂ O ₅)	mg/l	≤ 200	100 - 200	
Kalium (K ₂ O)	mg/l	≤ 700	150 - 250	
Magnesium (Mg)	mg/l	≤ 160	60 - 120	

Abb.30: Anforderungen an die Vegetationstragschicht intensiver Dachbegrünungen (aus: FLL, 2008 und ONR 121131, 2008)

Folgende weitere Eigenschaften muss die Vegetationstragschicht einer intensiven Dachbegrünung aufweisen:

- Umweltverträglichkeit;
- Pflanzenverträglichkeit;
- Brandsicherheit nach behördlichen Vorgaben;
- Frostbeständigkeit;
- Geringer Gehalt von keimfähigen Samen und regenerationsfähigen Pflanzenteilen;
- Anteil an Fremdstoffen (Fliesen, Kunststoffstücke, Metallstücke,...etc.) darf 6 Masse-% nicht überschreiten;

3.2.1.2.2. Filterschicht

Die Filterschicht ist eine Trennschicht aus Geotextilien, die das Einschlämmen von Feinanteilen aus der Vegetationstragschicht in die Drainschicht verhindert, sodass deren wasserableitende Funktion aufrecht erhalten bleibt. In der Regel besteht die Filterschicht aus Vlies- oder Gewebestoffen mit einem Flächengewicht von mindestens 100 g/m². Bei größeren Schichtdicken ist oft, abhängig von den Materialeigenschaften, ein höheres Flächengewicht erforderlich um den Durchdrückwiderstand zu erhöhen.



Abb.31: Filterschicht: Filtervlies der Fa. Optigrün (Quelle: www.optigruen.de)

Als Maß für die Funktion dieser Geotextilien wird die wirksame Öffnungsweite (O_{90}) angegeben, welche den Durchmesser der Kornfraktion eines Einheitsprüfbodens angibt, von dem 90% der Anteile durch das Geotextil zurückgehalten und 10% durchgelassen werden. Nach ONR 121131 (2008) wird diese wirksame Öffnungsweite mit bis zu 0,12 mm, nach FLL (2008) bis zu 0,2 mm angegeben. Folgende weitere Eigenschaften muss die Filterschicht erfüllen:

- Ausreichende Wasserdurchlässigkeit;
- Witterungsbeständigkeit;
- Pflanzenverträglichkeit / phytotoxische Unbedenklichkeit;
- Umweltverträglichkeit;
- Durchwurzelbarkeit;
- Beständigkeit gegen Mikroorganismen und Bodenlösung;
- Brandsicherheit nach behördlichen Vorgaben;

3.2.1.2.3. Drainschicht

Die Drainschicht ist dafür verantwortlich überschüssiges Niederschlagswasser rasch abzuleiten und je nach Bedarf den durchwurzelbaren Raum zu vergrößern und/oder Wasser anzustauen. Bei Schichtdicken von > 10 - 20 cm kommen Körnungen von 4 - 16 mm, bei Schichtdicken über 20 cm Körnungen von 4 - 32 mm zum Einsatz. Der Anteil an abschlämmbaren Teilen (< 0,063 mm) darf laut FLL (2008) 7 Masse-% nicht überschreiten. In der ONR 121131 (2008) werden die Grenzen für Unterkorn mit maximal 10 Masse-% und für Überkorn mit maximal 15 Masse-% beziffert. Unterkorn und Überkorn sind in diesem Fall alle Korngrößen, die dem festgelegten Bereich nicht entsprechen, also größer oder kleiner als 4/16 oder 4/32 mm sind. Mehrere unterschiedliche Materialien kommen als Drainschicht in Betracht, sie werden in folgende Stoffgruppen eingeteilt:

- Schüttstoffe (Kies, Splitt, Lava, Blähton,...)
- Recycling – Schüttstoffe (Ziegelbruch, Schaumglas,...)
- Drainplatten (Kautschuk- oder Kunststoff-Noppenplatten,...)
- Drainmatten (Strukturvliesmatten, Kunststoffnoppenmatten,...)
- Drain- und Substratplatten (Platten aus modifiziertem Schaumstoff) (FLL, 2008)

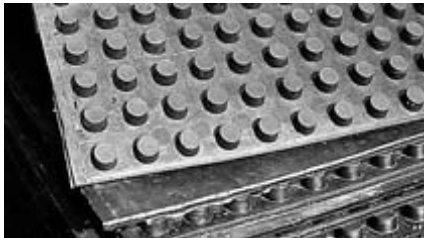


Abb.32: Drainschicht: Drainplatte für den Einsatz bei Tiefgaragenbegrünungen der Fa. Zinco, gleichzeitiger Einsatz als Schutzlage; (Quelle: www.zinco.at)



Abb.33: Drainschicht: Schüttstoff / Kies (Quelle: www.zinco.at)

Bei der Verwendung von Schüttstoffgemischen soll vorwiegend gebrochenes Korn verwendet werden, da es eine bessere Struktur- und Lagerungsstabilität aufweist und sich deshalb kaum setzt. Um ihre Hauptaufgabe, die Ableitung überschüssigen Wassers, erfüllen zu können muss die Drainschicht einen hohen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (modifizierter K_f -Wert) von mindestens 0,3 cm/s (= 180 mm/min) besitzen.

Weitere Eigenschaften, welche die Drainschicht erfüllen muss, sind:

- Frostbeständigkeit;
- Stauchungsverhalten (bei der Verwendung von Drainmatten, -platten und Kunststoffelementen darf die Stauchung des Materials die Drainwirkung nicht beeinflussen);

- gegebenenfalls Wasserspeicherfähigkeit (wenn eine Erhöhung der Speicherfähigkeit angestrebt wird, durch Verwendung offenporiger, wasseraufnehmender Materialien);
- gegebenenfalls Wasseranstau;
- pH - Wert ähnlich der Vegetationstragschicht: 5,5 - 8 (FLL, 2008) bzw. 5,5 - 8,5 (ONR 121131, 2008);
- Karbonatgehalt darf nicht zu hoch sein, deshalb dürfen keine Betonrecycling - Materialien verwendet werden;
- Salzgehalt von maximal 2,5 g/l, aus Umweltgründen wäre ein Salzgehalt von 0 - 1 g/l wünschenswert;
- Pflanzenverträglichkeit / phytotoxische Unbedenklichkeit;
- Umweltverträglichkeit;
- Stoffbeständigkeit;
- Brandsicherheit nach behördlichen Vorgaben;

3.2.1.3. Schichtaufbau

Die sich aus den Richtlinien ableitenden ein-, zwei- oder dreischichtigen Bauweisen ergeben sich aus der möglichen Multifunktionalität von Vegetationstragschicht, Filterschicht und Drainschicht. Dies ist nicht mit der früher oft üblichen Unterteilung der Vegetationstragschicht in Oberschicht und Unterschicht zu verwechseln. Die Differenzierung in Ober- und Unterboden bezweckte einen möglichst natürlichen Bodenaufbau nachzuempfinden. Untersuchungen zeigten jedoch einen negativen Einfluss auf die Wurzelentwicklung bei vielen solcher Schichtaufbauten. Wenn die Schichten nämlich eine sehr unterschiedliche Strukturzusammensetzung aufweisen, entsteht oft der so genannte Blumentopfeffekt (Wurzeln wachsen nur innerhalb einer Schicht). Deshalb hat man sich weitgehend von solchen Aufbauten distanziert und reichert lediglich den oberen Bereich der Vegetationstragschicht mit Nährstoffen an.

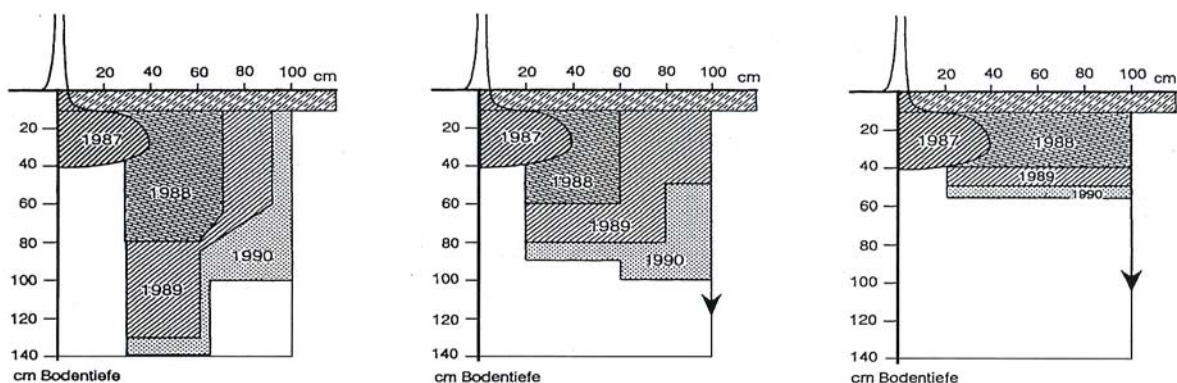


Abb.34: Vergleich der Wurzelentwicklung bei unterschiedlicher Schichtung der Vegetationstragschicht: links und Mitte: Versuchsvarianten mit einschichtigem Bodenaufbau; rechts: zweischichtiger Bodenaufbau mit organisch angereichertem Oberboden; (aus: BALDER, 1998, S.86)

3.2.1.4. Schichtdicke

Zur Bemessung des durchwurzelbaren Raums werden nur die Vegetationstragschicht und die Drainschicht (sofern diese in der Lage ist mehr als 15% des Wasservolumens zu speichern!) herangezogen, da die anderen Schichten im Gesamtverhältnis vernachlässigbar dünn sind. Die Pflanzung von mittelhohen Bäumen erfordert laut FLL (2008) eine durchwurzelbare Schicht von mindestens 100 cm, von hohen Bäumen mindestens 150 cm, um den Pflanzen aus physiologischen und statischen Gründen ausreichend Raum zur Verfügung zu stellen. Die ONR 121131 (2008) gibt als Mindestaufbaudicke für die Pflanzung von Bäumen 80 cm an.

3.2.1.5. Gedanken zu den Richtlinien im Bereich von Tiefgaragenbegrünungen

Die FLL - Richtlinie und die ONR - Richtlinie beziehen sich in erster Linie auf Dachbegrünungen von Wohn- und Nutzgebäuden, also in exponierter Lage oberhalb des natürlichen Geländeniveaus. Aus statischen Gründen ist hier der Bodenaufbau so leicht und demnach so dünn wie möglich zu wählen. Um den Pflanzenbestand der intensiven Dachbegrünung bei den vorgegebenen Minstdicken der Bodenaufbauten dauerhaft zu erhalten wird von einem ständig erforderlichen Pflegeaufwand, also regelmäßiger Bewässerung und Düngung ausgegangen.

Auf in den Untergrund eingebauten Tiefgaragen ist das Problem der Tragfähigkeit, welches sich durch das Gewicht des Bodenaufbaus der Dachbegrünung ergibt, weniger gegeben. So kann durch stärkere Aufbaudicken das Bodenvolumen dementsprechend vergrößert werden. Je größer das Bodenvolumen, desto mehr Wasser kann im Bereich der Baumwurzeln gespeichert werden und dementsprechend geringer ist der Pflegeaufwand durch die Bewässerung. Die zur Wasserversorgung effektivsten Wurzeln der meisten heimischen und eingebürgerten Baumarten beschränken sich zwar auf die obersten Bodenschichten, welche den in den Richtlinien angeführten Mindestschichtdicken entsprechen, jedoch können Baumwurzeln beträchtliche Tiefen erreichen um an vorhandene Wasserreservoirs anzuschließen. Ein gutes Vegetationssubstrat fördert zudem die Wurzelentwicklung in alle Richtungen (auch in die Tiefe), sodass der verfügbare Raum möglichst vollständig ausgenutzt werden kann.

3.2.2. Studie über Tiefgaragenbegrünungen in Wien „Wiener Modell“

Die Vegetationstragschichten der ersten Bodenaufbauten auf Tiefgaragen in Wien wurden aus lehmigem Sand hergestellt. Der Einsatz dieses Materials führte jedoch zu unbefriedigenden Ergebnissen, da Staunässe im Wurzelbereich das Baumwachstum negativ beeinflusste. Die darauf folgenden Vorgaben von Seiten der „Wiener Gärten“ grobkörnige Bestandteile einzubauen, wie sie auch für Straßenbaumpflanzungen empfohlen werden, stießen aus finanziellen Gründen auf Widerstand der Tiefgaragenbetreiber (FLORINETH et.al., 2000). Es galt also ein preiswertes Material für die Vegetationstragschichten künftiger Tiefgaragenbegrünungen zu finden, das den Bedürfnissen der Bäume eher gerecht wird als lehmiger Sand. Zur Lösung dieser Fragestellung wurden vom Magistrat 42 der Stadt Wien im Jahr 2000 vier Institutionen beauftragt sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen. Die daraus entstandene Studie trägt den Titel „Bodenaufbau über Tiefgaragen für einen ökologisch wirksamen Baumbestand in öffentlichen Parkanlagen der Stadt Wien – Wiener Modell“ erarbeitet von Prof. DDr. Mihaly MÖCSENYI, Internationale Gesellschaft für Landschaftsarchitektur, Budapest, Dr. Susanne WIENER, Institut für Ökologie und Naturschutz, Universität Wien, Univ.Prof. DI Dr. Winfried BLUM und Univ.Prof. DI Dr. Nicola RAMPAZZO, Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur sowie als Koordinator der Studie Univ.Prof. Dr. Florin FLORINETH und DI Günther FITZKA, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur.

Ziel der Studie war es ein Substrat speziell für Wiener Tiefgaragenstandorte vorzuschlagen. Dabei wurde der Wasserspeicherungsfähigkeit besondere Bedeutung zugeschrieben um den Pflegeaufwand so gering wie möglich zu halten. Als Boden mit höchster nutzbarer Feldkapazität (= Speicherfähigkeit für pflanzenverfügbares Wasser) wurde Lössmaterial mit der Bodenart sandig bis lehmiger Schluff mit den größten Anteilen der Korngrößen im Grobschluff- bzw. Feinsandbereich (0,02 - 0,1 mm) empfohlen. Aus Abb. 35 ist ersichtlich, dass Löss im Vergleich zum optimalen Korngrößenbereich der FLL (1995) (entspricht der FLL, 2008) für Vegetationssubstrate intensiver Dachbegrünungen eigentlich einen zu hohen Feinanteil aufweist.

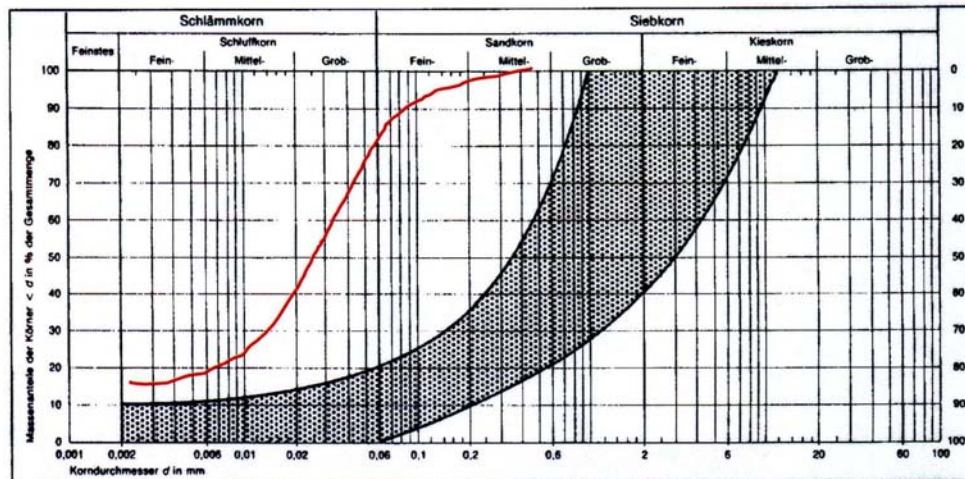


Abb.35: Sieblinie von Löss (rote Linie) im Vergleich zum Korngrößenbereich für Vegetationstragschichten intensiver Dachbegrünungen der FLL, 1995 (aus: FLORINETH et.al., 2000)

Lössmaterial als Vegetationssubstrat hat laut Angabe der Autoren jedoch folgende Vorteile:

- hoher Schluffanteil: hoher Mittelporenanteil → hohe nFK;
- hohes Gesamtporenvolumen;
- günstige Abstufung der Fraktionen und Kornform: gleichkörnig, eckig → hohe Stabilität;
- karbonathaltig: strukturstabilisierend, aggregierend;
- günstiger pH-Wert von 7,0 - 7,5;
- hoher Illit-Anteil bei der Zusammensetzung der Tonminerale: quillt nicht besonders → kein negativer Einfluss auf die Wasserleitfähigkeit;

Um den hohen Feinanteil des Löss auszugleichen wird empfohlen den Oberboden mit Sand zu mischen. Aus der Studie geht als Vorschlag für die Auffüllung der Tiefgaragen folgender Schichtaufbau hervor:

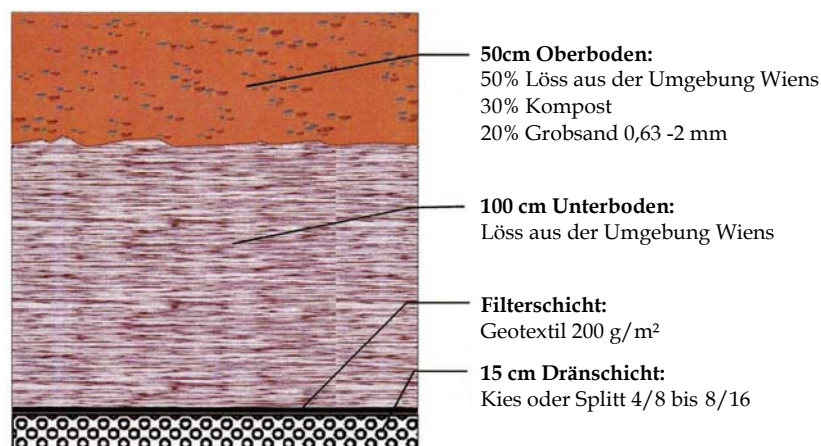


Abb.36: Empfohlener Schichtaufbau für die Überfüllung von Tiefgaragen (aus: FLORINETH et.al., 2000, S.34)

Die Autoren weisen darauf hin, dass beim Einbau eine flächige Verdichtung des Materials unbedingt zu vermeiden ist. Das Material ist im trockenen bzw. leicht feuchten Zustand einzubauen. Um Verdichtungen so gering wie möglich zu halten sollte mit schweren Baumaschinen möglichst auf den zukünftigen befestigten Flächen gefahren werden. Nach dem Einbau des Oberbodens ist eine Tiefenlockerung zur Vermischung, Verzahnung und Aufbrechung entstandener Verdichtungen bis mindestens 20 cm unter die Oberfläche des Unterbodens durchzuführen (FLORINETH et.al, 2000).

Nach der Fertigstellung des Bodenaufbaus sollten folgende Parameter eingehalten und geprüft werden:

Eigenschaften	Einheit	FLORINETH et.al.	ONR 121131, 2008
Lagerungsdichte	g/cm ³	1,2 - 1,4	-
Bodengemische	g/cm ³	-	1,0 - 1,6
Schüttstoffgemische	g/cm ³	-	0,6 - 1,3
Bodenluft		-	-
Luftkapazität	Vol.-%	15	11
Gesamtporenvolumen	Vol.-%	45 - 50	-
Luftgehalt bei maximaler Wasserkapazität	Vol.-%	-	≤ 10
Luftgehalt bei pF 1,8 (Anteil an weiten Grobporen)	Vol.-%	-	≤ 20
Bodenwasser		-	-
Maximale Wasserkapazität	Vol.-%	-	≥ 45
Nutzbare Feldkapazität	mm/dm	20	-
Wasserdurchlässigkeit K _f	cm/s	-	0,0005
pH - Wert [CaCl₂]		7,0 - 7,5	5,5 - 8
Carbonatgehalt	g/l	carbonathältig	≤ 25
Anteil an organischer Substanz	Masse-%	3 - 5	-
Substrate mit einer Rohdichte von ≤ 0,8	Masse-%	-	≤ 12
Substrate mit einer Rohdichte von > 0,8	Masse-%	-	≤ 6

Abb.37: Zu überprüfende Parameter nach dem Einbau des Materials auf Tiefgaragen, nach FLORINETH et.al. (2000), ergänzt durch Richtwerte der ONR 121131 (2008)

4. BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN FLÄCHEN

4.1. Allgemeine Beschreibung

Der Märzpark befindet sich im 15. Wiener Gemeindebezirk, direkt anschließend an die Wiener Stadthalle. Der Park umfasst eine Fläche von ca. 16.000 m². Im Jahr 2004 wurde der Park zu etwa einem Drittel mit einer Tiefgarage unterbaut. Diese nimmt im Park selbst eine Fläche von ca. 4600 m² ein. 2006 wurde der Park nach der Neugestaltung durch das Landschaftsarchitekturbüro Atelier-Landschaft wiedereröffnet. 47 Jungbäume bilden den neuen Parkbestand oberhalb der Tiefgarage.

Der Schubertpark liegt im 18. Wiener Gemeindebezirk, angeschlossen an die Währingerstraße und umfasst eine Fläche von ca. 14.000 m². Im Jahr 2003 wurde unter dem Schubertpark eine Tiefgarage eingebaut, welche rund zwei Drittel der Parkfläche einnimmt. 2005 wurde die Parkoberfläche ausgestaltet und der Park wiedereröffnet. 14 Laubbäume von 11 verschiedenen Baumarten wurden hier neu gepflanzt.

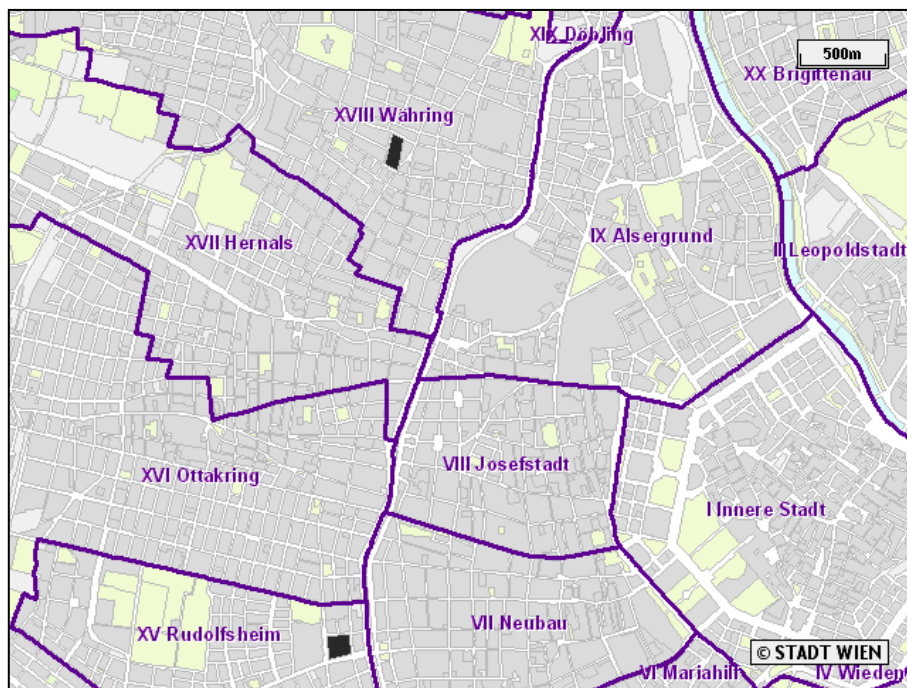


Abb.38: Lage des Märzparks und Schubertparks in Wien (Quelle: www.wien.gv.at/stadtplan/)

4.2. Bodenaufbau über den Tiefgaragen

Die Parkoberfläche im Märzpark ist annähernd waagrecht, die Garagendecke jedoch geneigt, so ergeben sich unterschiedliche Überschüttungshöhen bis zu 3 Metern. Direkt über der Decke befindet sich eine 30 cm starke Drainageschicht mit der Körnung 8/64. Darüber wurde bis zu 1,5 m unter der Parkoberfläche eine verdichtbare, setzungsstabile Zwischenschicht aus schluffigen, sandigen Kies mit der Körnung 0/64 eingebaut. Auf diese Schicht wurde dann bis 0,5 m unter der Geländeoberfläche der Unterboden aufgebracht, welcher aus Lössboden nach dem Vorbild des Expertengutachtens „Modell 2000“ besteht. Von der Geländeoberfläche bis 0,5 m in die Tiefe wurde zuletzt der Oberboden gemäß der Oberbodenausschreibung der MA 42 eingebaut.

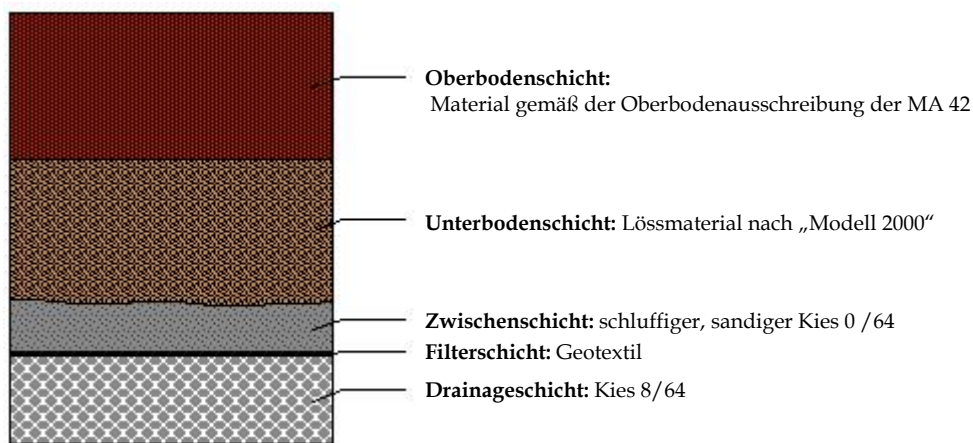


Abb.39: Bodenaufbau über der Tiefgarage im Märzpark

Der Bodenaufbau über der Tiefgarage im Schubertpark entspricht annähernd dessen im Märzpark. Unterschiedlich sind nur die Stärke der Drainageschicht, welche hier 15 cm statt 30 cm stark ist und das verwendete Material für die verdichtbare Schicht zwischen Drainage- und Unterbodenschicht. Dieses 0/22 gekörnte Substrat setzt sich aus verdichtbaren Recyclingmaterialien mit Ziegelsplittanteil zusammen.

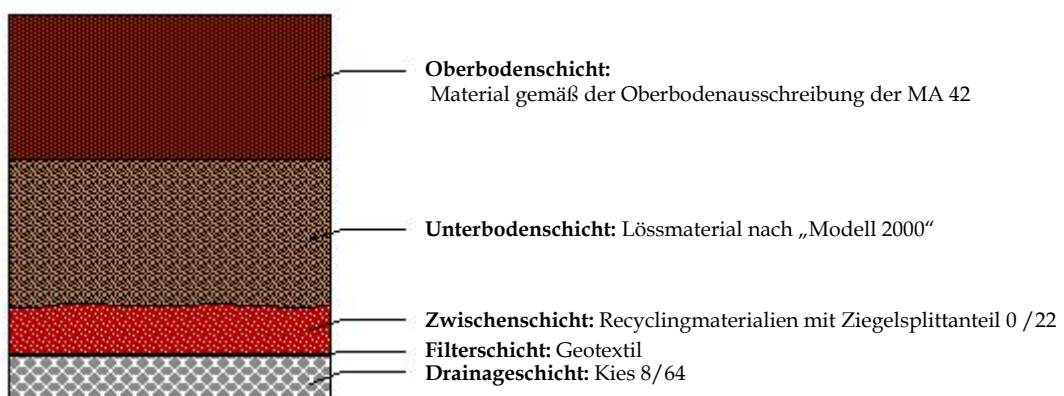


Abb.40: Bodenaufbau über der Tiefgarage im Schubertpark

4.3. Klimatische Bedingungen

Die beiden Parkanlagen Schubertpark und Märzpark liegen zwischen den drei Klimamessstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien (ZAMG), Mariabrunn, Innere Stadt und Hohe Warte. Die Station Mariabrunn ist ca. 10,5 km von den beiden anderen Stationen Innere Stadt und Hohe Warte entfernt. Bei der Station Innere Stadt treten die Auswirkungen der Städtischen Wärmeinsel voll zu Tage. Das dicht besiedelte Gebiet liegt auf einer Meeresspiegelhöhe von 170 m. Die Temperaturen sind hier im Vergleich zur Station Mariabrunn im Jahresdurchschnitt um 2,2 C° und zur Station Hohe Warte um 1,2 C° erhöht. Die Entfernung von der Station Innere Stadt zu den Parks beträgt in beiden Fällen ca. 3 km. In Mariabrunn können kaum noch städtische Einflüsse nachgewiesen werden. Auf das dünn besiedelte Gebiet in 226 m Höhe rund um die Mariabrunner Messstation im Westen von Wien haben die hügeligen Wienerwaldausläufer großen Einfluss. Das Klima hier ist deutlich kühler und feuchter als in den unverbauten Gebieten östlich der Stadt. Die Station ist mit 8 - 8,5 km am weitesten von den Parkanlagen entfernt.

Die Messstation Hohe Warte liegt im Norden von Wien in 202 m Höhe eingebettet in ein Villenviertel und ist daher ebenfalls nicht stark verbaut. Die Temperaturen sind wegen der Hanglage und der Beeinflussung durch die Stadt im Vergleich zum städtischen Umland etwas abgemildert. Die Entfernung zum Schubertpark beträgt ca. 3 km und zum Märzpark ca. 5 km.

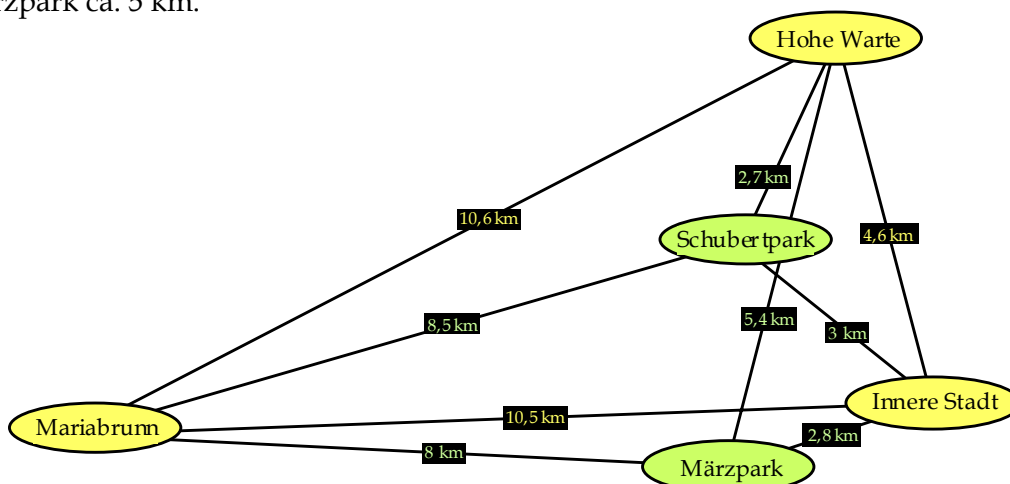


Abb.41: Entfernungen zwischen den Parkanlagen (grün) und zu den Messstationen der ZAMG (gelb)

Die tatsächlichen Klimabedingungen in den beiden Parkanlagen werden also zwischen den Werten der drei Klimastationen liegen, jedoch jenen der Inneren Stadt angenähert sein.

Die durchschnittlichen Jahresniederschläge liegen laut langjährigen Aufzeichnungen zwischen 550 und 740 l/m². Davon entfallen 65 - 70% auf die Vegetationsperiode von April bis Oktober. Während der Sommermonate ist mit ca. 60 Sommertagen mit einem Temperaturmaximum von über 25 C° zu rechnen, wobei 10 - 18 Tage Temperaturen von über 30 C° erreichen.

	Temperatur			Sommertage > 25			Heiße Tage > 30C°			Niederschlag			Relative Luftfeuchte		
	IS	MB	HW	IS	MB	HW	IS	MB	HW	IS	MB	HW	IS	MB	HW
Jan	1,2	-0,7	0,1	0	0	0	0	0	0	21,3	45,9	37,2	75,0	73,5	73,2
Feb	2,9	0,5	1,6	0	0	0	0	0	0	29,3	46,4	39,4	67,6	67,0	65,5
Mar	6,4	4,8	5,7	0,1	0,1	0	0	0	0	39,1	52,0	46,1	62,1	56,6	56,5
Apr	11,5	8,9	10	1,3	0,3	0,5	0	0	0	39,2	58,9	51,7	53,9	50,2	51,1
Mai	16,5	14,2	15,2	7,2	5,3	5,3	0,3	0,1	0,1	60,9	77,8	61,8	54,3	51,6	52,2
Jun	19,1	17,3	18,2	12,1	10,5	11	2,7	1,8	1,5	63,3	74,0	70,2	56,9	53,8	53,8
Jul	21,7	19,1	20,2	20,9	17,0	18	6,9	4,2	4,7	66,6	97,4	68,2	54,4	53,0	52,2
Aug	21,6	18,4	19,8	20,1	15,6	17	7,9	4,2	5	66,5	76,1	57,8	54,4	51,6	51,7
Sep	16,8	14,3	15,3	5,9	5,7	4,5	0,1	0,4	0,2	50,4	59,1	53,5	61,0	57,7	58,3
Okt	11,6	8,9	9,9	0	0,1	0,1	0	0	0	32,8	47,2	40	64,9	62,5	63,5
Nov	5,5	3,6	4,6	0	0	0	0	0	0	43,9	59,6	50	74,9	72,2	72,8
Dez	2,4	1,1	1,5	0	0	0	0	0	0	34,6	47,1	44	78,4	75,0	75,8
Jahr	11,4	9,2	10,2	67,6	54,6	56,4	17,9	10,7	11,5	547,9	741,5	619,9	63,2	60,4	72,6
Niederschlag während der Vegetationsperiode:										379,7	490,5	403,2			
Anteil des Niederschlags während der Vegetationsperiode (%)										69,3	66,2	65			
ISKlimastation Innere Stadt															
MBKlimastation Mariabrunn															
HWKlimastation Hohe Warte															
Temperaturgemittelte Tagestemperaturen (7 Uhr Mittel +19 Uhr Mittel +mittl. Maximum +mittl. Minimum/4) [C°]															
Sommertage > 25C°mittlere Summe der Tage mit Temperaturtagesmaximum ≥ 25,0 °C [Tag]															
Heiße Tagemittlere Summe der Tage mit Temperaturtagesmaximum ≥ 30 °C [Tag]															
Niederschlagmittlere Monatssumme des Niederschlags [l/ m²]															
Relative Luftfeuchtemittlere relative Luftfeuchte jeweils um 14 Uhr gemessen [%]															

Abb.42: Klimadaten aus den Jahren 1971 - 2000 von den Messstationen Innere Stadt, Mariabrunn und Hohe Warte der ZAMG, Wien (Quelle: www.zamg.ac.at)

Die zukünftige Temperaturentwicklung zeichnet sich durch einen Anstieg dieser Sommertage und heißen Tage aus.

Seit der Pflanzung der Jungbäume im Märzpark und im Schubertpark wurden auf der Klimastation Hohe Warte folgende Niederschlags- und Temperaturverhältnisse während der Vegetationsperiode aufgezeichnet:

	2005				2006				2007				2008			
	T	T _{dif}	N	N _{dif}	T	T _{dif}	N	N _{dif}	T	T _{dif}	N	N _{dif}	T	T _{dif}	N	N _{dif}
April	11,5	1,5	29	56	12,1	2,1	72	139	13,5	3,5	2	4	11	1,0	60	116
Mai	16	0,8	49	79	15,2	0,0	76	123	17	1,8	89	144	16,2	1,0	56	91
Juni	19,3	1,1	44	63	19,4	1,2	66	94	21,4	3,2	66	94	20,4	2,2	115	164
Juli	21	0,8	64	94	24	3,8	38	56	22,1	1,9	55	81	20,5	0,3	96	141
August	19,1	-0,7	105	182	18,2	-1,6	212	367	21	1,2	60	104	20,1	0,3	44	76
September	17	1,7	44	82	18,2	2,9	17	32	14,3	-1,0	195	364	14,6	-0,7	60	112
Oktober	11	1,4	3	8	13,1	3,2	16	40	9,8	-0,1	69	173	10,6	0,7	28	70
S _{veg.p.}			338				497				536				459	
S _j			598				693				864				669	
T Monatsdurchschnitt der Lufttemperatur in C° T _{dif} Differenz zum langjährigen Durchschnitt (1971 - 2000) der Lufttemperatur in C° N Monatsdurchschnitt des Niederschlags in mm N _{dif} Differenz zum langjährigen Durchschnitt (1971 - 2000) des Niederschlags in % S _{veg.p.} Summe während der Vegetationsperiode S _j Jahressumme																

Abb.43: Temperatur und Niederschlagsverhältnisse bei der Klimastation **Hohe Warte** seit der Pflanzung der Bäume im Märzpark und im Schubertpark im Vergleich zum langjährigen Mittel (Quelle: www.zamg.ac.at)

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass in den Jahren seit der Pflanzung der Bäume in den Parkanlagen die Temperaturen während der Vegetationsperioden gegenüber dem langjährigen Mittel in Summe höher waren. Das Jahr 2005 war trockener als die langjährigen Durchschnitte, 2006, 2007 und 2008 fielen in Summe mehr Niederschläge als „gewöhnlich“ während der Vegetationsperiode.

4.4. Gepflanzte Bäume im Märzpark und im Schubertpark

Im Märzpark wurden nach der Fertigstellung der Bodenaufbauten im Frühjahr 2006 insgesamt 47 Hochstämme, zusammengesetzt aus 7 Laubbaumarten, direkt über der Tiefgarage gepflanzt. Am häufigsten wurden die Arten *Prunus avium* `Plena` mit 20 Stück und *Robinia* `Casque Rouge` mit 17 Stück verwendet. Die weiteren Baumarten treten vereinzelt auf. Von den Robinien wurden 11 Bäume bereits vor dem Aufnahmebeginn im Juli 2008 vom Sturm umgebrochen und konnten daher nicht mehr untersucht werden.

Bis zum Ende der Aufnahmen ist gar nur noch ein Exemplar der Robinien verblieben. Die betroffenen Baumstandorte werden nun nach und nach mit *Koelreuteria paniculata* Halbstämmen (siehe Anhang: 9.5. Baumsteckbriefe, S.167) nachbepflanzt. Die Jungbäume wurden jeweils mit Stammumfängen von 18/20 oder 20/25 gewählt.

Im Schubertpark wurden im Herbst 2005 10 Hochstämme 9 unterschiedlicher Laubbaumarten gesetzt. *Fraxinus ornus* wurde zweimal verwendet, ansonsten gehören alle Bäume einer anderen Art an. Bis zum Aufnahmebeginn wurden noch 3 *Malus spec.* gepflanzt. Hier wurden die meisten Bäume mit einem Stammumfang von 25/30 geliefert, das entspricht einer vierfachen Verpflanzung in der Baumschule.

Märzpark			Schubertpark		
Baumart	Stück	StU	Baumart	Stück	StU
Frühjahr 2006			Herbst 2005		
<i>Acer platanoides</i>	4	18/20	<i>Acer campestre</i>	1	25/30
<i>Aesculus hippocastanum</i>	1	18/20	<i>Acer platanoides</i>	1	25/30
<i>Catalpa bignonioides</i>	2	18/20	<i>Aesculus carnea</i> `Briotii`	1	25/30
<i>Gleditsia triacanthos</i> `Skyline`	2	18/20	<i>Alnus cordata</i>	1	18/20
<i>Platanus x acerifolia</i>	1	18/20	<i>Celtis australis</i>	1	20/25
<i>Prunus avium</i> `Plena`	20	20/25	<i>Fraxinus excelsior</i>	1	25/30
<i>Robinia</i> `Casque Rouge`	17	18/20	<i>Fraxinus ornus</i>	2	25/30
Nachpflanzungen (2008)			<i>Sophora japonica</i>	1	25/30
<i>Koelreuteria paniculata</i>	1	20/25	<i>Tilia tomentosa</i>	1	25/30
Nachpflanzungen (2009)			Nachpflanzungen (2008)		
<i>Koelreuteria paniculata</i>	12	<18/20	<i>Malus spec.</i>	3	18/20
Ausfälle 2006–2009:		18	Ausfälle 2005–2009:		1

Abb.44: Gepflanzte Bäume im Märzpark und Schubertpark mit Stückzahlen und Stammumfang zum Zeitpunkt der Pflanzung, 2009

4.4.1. Eignung und Beschreibung der verwendeten Baumarten nach der GALK Straßenbaumliste

Die „Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) – Arbeitskreis Stadtbäume“ beschäftigt sich mit der Eignung und Verwendung von Gehölzen im städtischen Raum. Die Straßenbaumliste 2006 setzt sich zum Ziel die Auswahl zwischen der Fülle der angebotenen Baumarten zu erleichtern. Als Grundlage zur Bewertung der Bäume werden sowohl grundlegende Parameter, wie die jeweiligen Standortansprüche, Widerstandsfähigkeiten gegenüber Schaderregern und abiotischen Stressfaktoren, als auch morphologische und physiologische Eigenschaften herangezogen. Aber auch Erfahrungen in Bezug auf den Pflegeaufwand und die Verkehrssicherheit sind Gegenstand der Ermittlungen.

Märzpark		
Baumart	Eignung	Beschreibung
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	gut geeignet	In der Jugend stark wachsend; gleichmäßig geschlossene Krone mit aufstrebenden Ästen; kein durchgehender Leittrieb; dornenlose Sorte, bei der in Einzelfällen nachträglich Dornen gebildet werden können; keine Fruchtbildung; anspruchslos; stadtklimafest; Windbruchgefährdung auf nährstoffreichen Böden, daher Abmagerung des Standortes; Verkehrsgefahr durch Dornen am Stamm und Abwurf im Alter;
<i>Platanus acerifolia</i>	geeignet	Großer schnellwüchsiger Baum mit weit ausladender Krone; Befall von Schadorganismen wie z. B. Blattbräune, Platanenwelke, Platanennetzwanze etc. haben in den letzten Jahren zugenommen; stadtklimafest;
<i>Robinia pseudoacacia</i>	geeignet	Großer Baum mit lockerer unregelmäßiger Krone; in der Jugend raschwüchsig; Blütenbaum; anspruchslos, aber windbruchgefährdet auf nährstoffreichen Böden; im Alter Totholzbildung; bildet Wurzelausläufer; stadtklimafest;
<i>Prunus avium</i> 'Plena'	geeignet mit Einschränkung	Mittelgroßer Baum; regelmäßig pyramidale Krone; durchgehender Leittrieb; Blütenbaum; keine Früchte; Gefahr von "Gummifluss";
<i>Acer platanoides</i>	geeignet mit Einschränkung	Großer, rundkroniger, schnellwüchsiger Baum mit dicht geschlossener Krone; blüht vor Blattaustrieb; empfindlich gegen Bodenverdichtung;
<i>Catalpa bignonioides</i>	geeignet mit Einschränkung	Schnellwüchsiger, mittelgroßer Baum mit rundlicher Krone und weit ausladenden Seitenästen; artbedingt kein durchgehender Leittrieb; Krone im Alter breit gewölbt; großes dekoratives Blatt; später Austrieb; früher Blattfall; auffällige weiße Blütenrispen im Juni/Juli; Fruchtschmuck; auf Lichtraumprofil achten; bruchgefährdet; gebietsweise frostgefährdet;
<i>Koelreuteria paniculata</i>	keine Angabe	kleiner langsamwüchsiger Baum; Krone sehr breit; auf Lichtraumprofil achten; Blütenbaum; stadtklimafest;

Abb.45: Eignung der verwendeten Baumarten im Märzpark als Stadtbäume nach der GALK-Straßenbaumliste 2006 (Quelle: www.galk.de)

Nach der GALK-Straßenbaumliste sind alle gewählten Baumarten im Märzpark, teilweise mit Einschränkungen, als Straßenbäume und somit auch als Parkbäume in der Stadt geeignet. Die Windbruchgefährdung von *Robinia* hat sich im Märzpark leider fatal ausgewirkt, da 16 von 17 Bäumen bereits abgebrochen sind. *Acer platanoides* sollte aufgrund seiner Empfindlichkeit gegenüber Bodenverdichtungen nicht auf stark beanspruchten Flächen gepflanzt werden.

Schubertpark		
Baumart	Eignung	Beschreibung
<i>Fraxinus ornus</i>	geeignet	Schwachwüchsiger, kleiner Baum mit rundlicher oder breitpyramidalen Krone; selten mit geradem Leittrieb; auf Lichtraumprofil achten; Blütenbaum; nicht in befestigten Flächen verwenden; stadtklimafest;
<i>Sophora japonica</i>	geeignet mit Einschränkung	Mittelgroßer bis großer Baum mit breiter rundlicher Krone; im Alter ausladend; auf geraden durchgehenden Stamm achten; Sommerschnitt; Blütenbaum; als junger Baum gebietsweise frostgefährdet;
<i>Tilia tomentosa</i>	geeignet mit Einschränkung	Großer Baum mit regelmäßiger breit-kegelförmiger geschlossener Krone; Neigung zu Gabelwuchs; neigt zu einwachsender Rinde; alle Silberlinden haben eine späte Blüentracht; weder bienen- noch hummelgefährlich; keine Honigtauabsonderung; stadtklimafest; die Verwendung von Sorten wird empfohlen;
<i>Celtis australis</i>	geeignet mit Einschränkung	Kleiner bis mittelgroßer Baum mit ausladender Krone; auf geraden Leittrieb achten; Wärme liebend und für trockene Standorte geeignet (Weinbauklima); gebietsweise frostgefährdet;
<i>Acer campestre</i>	geeignet mit Einschränkung	Kleiner bis mittelgroßer Baum mit eiförmiger, im Alter mehr rundlicher Krone; Kalk liebend; bevorzugt tiefgründige und feuchte Böden und ist deshalb nicht geeignet bei Bodenverdichtungen und hohem Versiegelungsgrad;
<i>Acer platanoides</i>	geeignet mit Einschränkung	siehe Tabelle für Märzpark
<i>Aesculus carnea</i> 'Briotii'	geeignet mit Einschränkung	Mittelgroßer Baum mit breitgewölbter, dicht geschlossener Krone; Blütenbaum; gefüllte, kräftig gefärbte Blüten; kaum Früchte; schwierig aufzuastern; nicht geeignet bei Bodenverdichtungen und hohem Versiegelungsgrad;
<i>Alnus cordata</i>	geeignet mit Einschränkung	Kleiner bis mittelgroßer Baum mit lockerer, eiförmiger Krone; gebietsweise gute Eignung; treibt früh aus; lang haftende Belaubung (Schneebruchgefahr); hoher Lichtbedarf; in der Jugend frostempfindlich;
<i>Fraxinus excelsior</i>	geeignet mit Einschränkung	Großer Baum mit rundlicher, lichter Krone; später Austrieb; frisch bis feuchte, tiefgründige, sandig bis lehmige Böden; Kalk liebend; empfindlich gegen Oberflächenverdichtung;
<i>Malus spec.</i>	geeignet mit Einschränkung	Kleiner Baum; verlangt gute nährstoffreiche Standorte; auf Lichtraumprofil achten; bei Sorten auf Krankheitsresistenz achten; Blütenbaum; Fruchtschmuck; Fruchtfall beachten;

Abb.46: Eignung der verwendeten Baumarten im Schubertpark als Stadtbäume nach der GALK-Straßenbaumliste 2006 (Quelle: www.galk.de)

Auch im Schubertpark sind alle Baumarten laut GALK-Straßenbaumliste zumindest mit Einschränkungen für den Standort in der Stadt geeignet. Probleme könnten für *Acer campestre* und *Fraxinus excelsior* entstehen, da sie beide innerhalb des Kinderspielplatzes gepflanzt wurden und sehr empfindlich auf Bodenverdichtungen reagieren.

4.4.2. Eignung der verwendeten Baumarten bezüglich Trockentoleranz und Winterhärte

Um die Eignung der verwendeten Bäume im Märzpark und im Schubertpark, in Bezug auf die Trockentoleranz und Winterhärte einzuschätzen, wurden die Bäume nach einer Studie von Prof. Dr. Andreas ROLLOFF, Dr. Stephan BONN und Dipl. -Forstw. Sten GILLNER (2007) eingestuft. In dieser Studie werden die Bäume nach einem 16-stufigen System bewertet, wobei jeweils für Trockentoleranz und Winterhärte Noten von 1 bis 4 vergeben werden. Die prognostizierten Klimaveränderungen wurden in die Studie miteinbezogen. Die erste Zahl der Note beschreibt die Trockentoleranz, die zweite Zahl die Winterhärte, wobei folgendermaßen gewertet wird:

- 1 ...sehr geeignet
- 2 ...geeignet
- 3 ...problematisch
- 4 ...nur sehr eingeschränkte Eignung

So verfügt beispielsweise ein Baum mit der Wertung 2.3. über eine geeignete Trockentoleranz, jedoch eine problematische Winterhärte. In den folgenden Abbildungen 47 und 48 werden die Baumarten der auf den Tiefgaragen gepflanzten Bäume im Schubertpark und im Märzpark mit zugehörigen Noten nach der genannten Studie, Stückzahlen, sowie weitere Anmerkungen dargestellt.

Baumart	Trockentoleranz	Winterhärte	Stückzahl	Anmerkungen
<i>Acer campestre</i>	1	1	1	
<i>Sophora japonica</i>	1	2	1	
<i>Tilia tomentosa</i>	1	2	1	laut Studie Sorte 'Moench'
<i>Celtis australis</i>	1	3	1	
<i>Fraxinus ornus</i>	1	4	2	
<i>Acer platanoides</i>	2	1	1	
<i>Aesculus carnea</i> 'Briotii'	2	1	1	laut Studie Sorte 'Hayne'
<i>Alnus cordata</i>	2	2	1	
<i>Fraxinus excelsior</i>	2	2	1	
<i>Malus spec.</i>	k.A.	k.A.	3	in der Studie nicht erfasst

Abb.47: Eignung der Bäume im Schubertpark in Bezug auf Trockentoleranz und Winterhärte (aus: ROLLOFF et.al., 2007)

Im Schubertpark sind bezüglich der Trockentoleranz 5 Baumarten als sehr geeignet und 4 Baumarten als geeignet eingestuft. Hier sind bei einer guten Bodenqualität keine Schäden durch Trockenheit zu erwarten. Bezüglich der Winterhärte wird *Celtis australis* als problematisch und *Fraxinus ornus* als nur sehr eingeschränkt geeignet eingestuft. Bei den 3 Bäumen dieser beiden Arten ist während strenger Winter mit Frostschäden zu rechnen.

Baumart	Trockentoleranz	Winterhärte	Stückzahl	Anmerkungen
<i>Prunus avium</i> `Plena`	1	1	15	laut Studie <i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Robinia</i> `Casque rouge`	1	1	2	
<i>Gleditsia triacanthos</i> `Skyline`	1	2	2	
<i>Platanus x acerifolia</i>	1	2	1	
<i>Koelreuteria paniculata</i>	1	4	1	
<i>Acer platanoides</i>	2	1	4	
<i>Catalpa bignonioides</i>	3	3	2	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	4	2	1	

Abb.48: Eignung der Bäume im Märzpark in Bezug auf Trockentoleranz und Winterhärte (aus: ROLOFF et.al., 2007)

Im Märzpark weisen die meisten ausgewählten Bäume ebenfalls sehr gute und gute Toleranzen gegen Trockenheit und Winterhärte auf. *Catalpa bignonioides* muss in Bezug auf beide Eigenschaften als problematisch eingestuft werden. Die beiden Exemplare im Märzpark erfreuen sich jedoch guter Vitalität, was für eine ausreichende Wasserversorgung spricht. *Koelreuteria paniculata* ist zwar sehr trockenresistent, jedoch nur sehr eingeschränkt winterhart. *Aesculus hippocastanum* gilt bezüglich der Trockentoleranz als nur sehr eingeschränkt geeignet.

5. UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Um die Standortbedingungen der Bäume auf den Tiefgaragen in den beiden Parkanlagen abzuschätzen wurden diverse praktische Versuche durchgeführt. Diese setzen sich aus Bodenuntersuchungen, Abschätzungen der Vitalität der Bäume und Standortklassifizierungen zusammen, wobei nur Hochstämme berücksichtigt worden sind. Die von mir unternommenen Bodenuntersuchungen beschränken sich dabei jeweils auf den Oberbodenaufbau. Folgende Untersuchungen wurden vorgenommen:

Untersuchungen am Baum - Rückschlüsse auf die Vitalität

- Baumhöhe und Kronendurchmesser
- Stammumfang und -zuwachs seit der Pflanzung, Stammquotient
- Triebblängenmessungen
- Kronenzustandsstufen nach BRAUN
- Baumschäden

Untersuchung des Baumumfeldes:

- Versiegelung
- Übererdungshöhe
- Baumscheibenbewuchs und -abdeckung
- Belastung durch Parkbesucher
- Belastung durch Hunde
- Baumstützung
- Stammschutz
- Bewässerung

Bodenuntersuchungen:

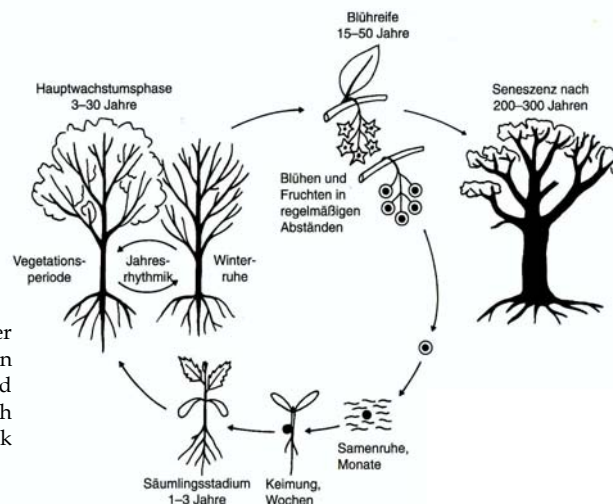
- pH - Wert
- Karbonatgehalt
- Korngrößenverteilung
- Lagerungsdichte
- Tragfähigkeitsuntersuchung
- Wasserdurchlässigkeit mittels Ausschüttversuch

5.1. Untersuchungen am Baum

Diese Untersuchungen beschreiben die äußerlich sichtbaren Merkmale, sowie offensichtliche Schäden der Bäume. Es soll ergründet werden, ob sie in der Lage sind dauerhaft ihre vielfältigen Funktionen als Stadtbäume zu erfüllen. Um diese Frage zu beantworten wird in der Praxis der Baumpflege und Baumkontrolle eine Vitalitätsbeurteilung der Bäume durchgeführt. Durch sie kann der allgemeine Zustand eines Baumes und demzufolge die ungefähre Lebenserwartung abgeschätzt werden. Neben ihrer Verwendung in der Waldschadensdiagnostik gewinnt die Vitalitätsbeurteilung von Bäumen im Stadtbereich zunehmend an Bedeutung. Vor allem um die Verkehrssicherheit der Bäume zu gewährleisten, werden Vitalitätsdaten der einzelnen Stadtbäume gesammelt und großflächige Baumkataster angelegt. Das Wort Vitalität stammt vom lateinischen Wort „Vita“ ab, was übersetzt „das Leben“ bedeutet. Das Fremdwörterbuch Duden übersetzt Vitalität mit den Begriffen Lebenskraft, Lebensfülle bzw. Lebendigkeit. Um die Vitalität eines Baumes beurteilen zu können muss man sich vor Augen führen, was eigentlich die Lebenskraft eines Baumes ausmacht. Die für ein Baumleben notwendigen chemischen und physikalischen Ressourcen sind auf die beiden Medien Boden und Luft verteilt, was sich im Grundbauplan von Pflanzen widerspiegelt. Dieser besteht bekanntlich aus einem Wurzelsystem und einem Sprosssystem. Die Wurzeln nehmen im Boden verfügbares Wasser und darin gelöste Nährsalze auf. Das Sprosssystem ist für die Nutzung von Licht und atmosphärischem CO₂ verantwortlich, wobei durch die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie Zucker und andere organische Substanzen als Baustoffe für die Pflanze assimiliert werden. Diese Aufgabentrennung erfordert einen ständigen Transport der Stoffe zwischen den jeweiligen Pflanzenteilen (CAMPBELL, 1997). Die Kombination zwischen Assimilation und Transport bewirkt ein ständiges Wachstum des Pflanzenkörpers bis hin zur Altersphase (Seneszenz). Die Vitalität eines Baumes äußert sich also gewissermaßen in seiner Wuchspotenz, welche natürlich von der Qualität seines Standortes aber auch von seiner Lebensphase abhängig ist. Wie bei allen anderen Lebewesen verändern sich im Laufe des Lebens eines Baumes die Prioritäten, wofür Energie aufgewandt wird. Die **vegetative** Phase oder **Jugendphase** eines Baumes beschreibt den Lebensabschnitt vom Keimling bis zur Blühreife. Hier wird die gesamte Energie in die „Eroberung“ des Standortes gesteckt.

Der Baum wächst zu seinem arttypischen Habitus heran und dehnt sein Sprosssystem in Höhe und Breite so stark wie möglich aus, um an möglichst viel Licht und damit Energie zu kommen. Dementsprechend muss sich das Wurzelsystem natürlich ebenso stark ausbreiten, sodass der heranwachsende Spross auch ausreichend mit Wasser und Nährstoffen versorgt werden kann. Auch Modifikationen zur Anpassung an den jeweiligen Standort werden in dieser Phase vorgenommen. Diese Hauptwachstumsphase ist jene der höchsten metabolischen Aktivität im Leben eines Baumes (LARCHER, 1994). Dem zur Folge können hier vergleichende Triebblängenmessungen oder die Abschätzung der Belaubungsdichte dienlich zur Vitalitätsbestimmung sein. Erreicht der Baum schließlich seine Blühreife, befindet er sich in der **generativen Phase** oder **Adultphase**. Um Nachkommen zu zeugen, werden in regelmäßigen Zeitabständen Blüten und Früchte produziert, wofür die Pflanze Photosyntheseprodukte, Mineralstoffe und Reservestoffe aufwenden muss, welche dann nicht mehr dem vegetativem Wachstum zur Verfügung stehen. Während eines Blühjahres, bei Laubbäumen in der Regel alle 2 - 3 (5) Jahre, wird das vegetative Wachstum also dementsprechend schwächer ausfallen, was aber keine Verminderung der Vitalität bedeutet. Zum Vergleich nimmt der Assimilataufwand für die Reproduktion bei Kiefern 5 - 15%, bei Buchen 20% und bei Apfelbäumen 35% der gesamten Trockensubstanzproduktion ein (LARCHER, 1994). Die **Altersphase** oder **Seneszenz** ist schließlich die letzte Phase im Leben eines Baumes. Das Höhen- und Dickenwachstum nimmt ab, die Blätter werden kleiner, Blüten und Samen werden weniger. In dieser Phase wird das Augenmerk auf die möglichst lange Erhaltung der aufgebauten Gestalt gelegt. Bäume können bis zu einem Drittel und mehr ihrer Lebensdauer in dieser Phase verbringen (LARCHER, 1994). „Hier kann das Reparaturwachstum, also verstärktes Wachstum an statisch geschwächten Baumteilen, ein Ausdruck von Vitalität sein“ (KLUG, 2005, S.3).

Abb.49:
Lebensphasen laubabwerfender Waldbäume der gemäßigten Zone. Die Zeitangaben sind Durchschnittswerte, die je nach Pflanzenart und Standort stark abweichen können.
(aus: LARCHER, 1994)



Zur Beurteilung der Vitalität von Bäumen werden in der Praxis mehrere verschiedene Parameter herangezogen. Die gängigste Methode ist jene, die Bäume nach ihrer Belaubung zu bewerten. Belaubungsdichte, Blattfarbe und Blattgröße werden zur Vitalitätsbestimmung herangezogen. Es liegt nahe das Blatt als Maß für die Vitalität zu sehen, da es schließlich der primäre Ort der Stoffproduktion ist, jedoch führt diese Methode einige Probleme mit sich. Denn nicht jeder vital aussehende Baum ist tatsächlich gesund und umgekehrt ist nicht jeder dürrftig beblätterte Baum dauerhaft geschädigt (BRAUN, 1990). Wie bereits erwähnt, hängt der Belaubungszustand stark mit Faktoren wie der Altersphase, in der sich der Baum befindet, oder mit Blüh- und Fruktifikationsjahren zusammen. Aber auch vorübergehende Stressfaktoren wie ein extrem trockener Sommer oder Blattfraß durch Schädlinge lassen den Zustand eines Baumes unter Umständen momentan schlechter aussehen als er tatsächlich ist. Umgekehrt werden schwerwiegende Schäden an Bäumen oft erst Jahre später augenscheinlich. Auch der subjektive Eindruck von der Beblätterungsdichte kann täuschen, denn ein langer Jahrestrieb sieht oft lichter aus als ein kurzer. Langfristig kann man einen sich verschlechternden Allgemeinzustand eines Baumes recht gut an abnehmenden Triebblängen erkennen, was mit den Jahren eine Veränderung der Kronenstruktur mit sich bringt. Die einzelnen Parameter zur Vitalitätsbeurteilung haben allesamt Vor- und Nachteile, was eine allgemeingültige, einfache Ansprache erschwert (siehe Abb.50). Es ist daher ratsam jeweils mehrere, also mindestens zwei Parameter für die Vitalitätsbewertung von Bäumen heranzuziehen (ROLOFF, 2001).

Die Untersuchungen an den Bäumen wurden während mehrerer Begehungen vor Ort durchgeführt. Sofern der Zeitpunkt der Untersuchung in der folgenden Erläuterung nicht extra vermerkt wird, gilt als Datum dieser Aufnahmen der März 2009.

	Aufwand	Baumarten	Objektivität	Aussage- fähigkeit
<u>Oberirdisch</u>				
Visuell:				
Blattverlust	++	++	+	0
Verzweigung	++	+	+	+
Durchmesserzuwachs	+	++	++	+
Triebblängenentwicklung	0	++	++	++
Pathogene	0	++	+	+
Fruchtifikation	++	++	0	0
Blattgröße	0	++	0	0
Vergilbung	++	++	+	+
Physiologisch:				
Wasserhaushalt	-	++	+	0
Photosynthese	-	++	+	0
Stoffhaushalt	--	++	+	-
Enzyme	--	++	+	-
Hormone	--	++	+	-
Phänologie	+	++	+	0
Stammfußbereich:				
Vegetationsaufnahme	++	0	++	++
pH – Wert	+	0	++	+
<u>Unterirdisch</u>				
Feinwurzelbildung	--	+	+	0
Wurzelstörpunkte	-	+	+	+
Mykorrhiza	--	+	+	+
Feinw.-Elementgehalte	--	+	+	0

Abb.50: Belastungs- und Vitalitätsparameter von Bäumen (aus: ROLOFF, 2001, S. 39, verändert); Aufwand: von sehr geringem Aufwand (++) bis hin zu hohem Aufwand (- -), wenn komplizierte Messgeräte oder umfangreiche, langwierige Arbeiten durchzuführen sind; Baumarten: hierbei wird bewertet, ob das Kriterium bzw. der Parameter für alle Baumarten anwendbar (++) oder nur eingeschränkt verallgemeinerbar ist (0); Objektivität: ob verschiedene Anwender ohne größere Probleme zu ähnlichen Ergebnissen kommen (++) oder die Beurteilung subjektiv beeinflusst ist (0); Aussagefähigkeit: ob es sich um einen für Belastungen von Bäumen oder Waldbeständen sehr aussagefähigen Parameter handelt (++) oder sich die Vitalität und Belastung damit nur eingeschränkt beurteilen lässt(-);

5.1.1. Baumhöhe und Kronendurchmesser

Baumhöhen und Kronendurchmesser wurden gemessen, um den arten- und sortenspezifischen Habitus der Bäume zu bewerten. Die Baumhöhe wurde mit einem Höhenmessgerät ermittelt, welches die Entfernungen über Ultraschall misst. Zur Durchführung der Messung muss ein Transponder am Baum befestigt werden, um dem Gerät einen Bezugspunkt zu geben. Der Kronendurchmesser wurde mittels Maßband am Boden gemessen. Um auch die Symmetrie der Baumkronen aufzunehmen wurden der größte und der kleinste Durchmesser festgehalten.

5.1.2. Stammumfang und -zuwachs seit der Pflanzung, Stammquotient

Der Durchmesserzuwachs des Stammes ist ein relativ einfach zu messender, objektiver Parameter, der für alle Baumarten einsetzbar ist. Bei optimalen Standortbedingungen ist das sekundäre Dickenwachstum dementsprechend groß. Dieses ist jedoch kein ganz eindeutiger Parameter um auf die Vitalität der Bäume schließen zu können. Ein Vergleich der Stammzuwächse von Bäumen der gleichen Art an ähnlichen Standorten ermöglicht es dennoch über den Zustand der einzelnen Bäume Aussagen zu treffen.

Wenn über Jahre hinweg praktisch keine Zuwächse zu verzeichnen sind, kann auf eine andauernde Stresssituation der Bäume geschlossen werden. Die Messung der Stammumfänge wurde mit dem Maßband in 1 m Stammhöhe durchgeführt, die Zuwächse wurden unter Berücksichtigung der Lieferstärke der Stämme berechnet. Zur Ermittlung der Stammquotienten wurde auch jeweils der Umfang in 2 m Höhe gemessen. Diese Werte entsprechen somit den Quotienten der Stammumfänge in 1 und 2 Metern Höhe und beschreiben die Voll- bzw. Abholzigkeit der Bäume. Der Stammquotient von Hochstämmen ist gewissermaßen ein Qualitätskriterium für die Baumschulware, wobei niedrige Werte oft für mangelnde Pflegemaßnahmen sprechen. Ein abholziger Hochstamm entsteht oft durch spätes Entfernen von zum Haupttrieb dominanten Ästen, nachdem der Baum schon viel in das Versorgungssystem dieser Triebe investiert hat. Abgesehen von den größeren Schnittwunden kann man davon ausgehen, dass die oberen Kronenbereiche bei einem solchen Hochstamm schlechter versorgt werden als bei einem Vollholzigen.

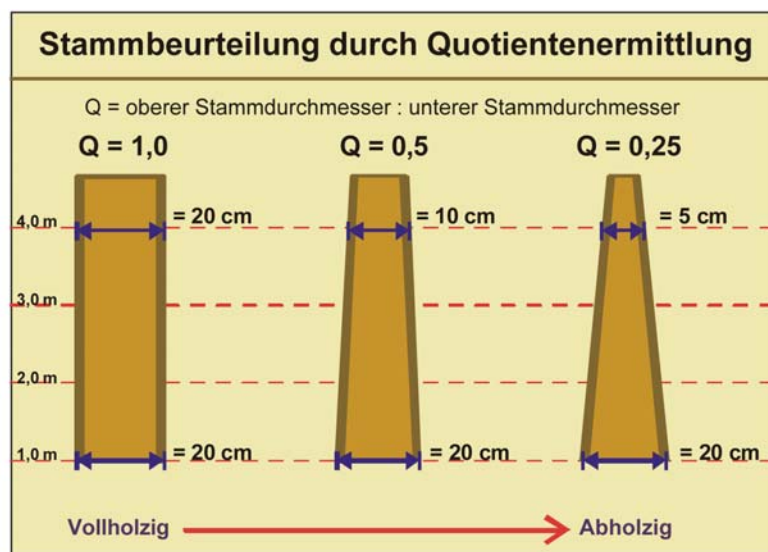


Abb.51: Voll- bzw. Abholzigkeit von Hochstämmen; (aus: UEHRE, 2000; Quelle: www.hortigate.de)

5.1.3. Triebblängenmessungen

Triebblängenmessungen ergeben bei mittlerem Aufwand sehr aussagekräftige Ergebnisse. Bei dieser Methode ist eine objektive Abweichung ausgeschlossen, sowie die Anwendbarkeit für alle Baumarten gegeben. Die Messung der Jahrestriebblängen der letzten Vegetationsperiode ermöglicht einen Vergleich zwischen Bäumen gleicher Art und gleichen Alters, an ähnlichen Standorten. Die Entwicklung der Triebblängen über Jahre hinweg zeigt den Zustand der Bäume im Laufe der Zeit.

5.1.3.1. Jahrestrieblängen der letzten Vegetationsperiode

Zur Ermittlung der Trieblängen der letzten Vegetationsperiode wurde mit dem Maßband jeweils der Abstand zwischen den Triebbasisnarben von fünf Trieben gemessen und ein Durchschnittswert für jeden Baum errechnet. Die Messungen wurden mit einigen Ausnahmen an allen Bäumen durchgeführt. Die Neupflanzungen, drei *Malus spec.* Exemplare im Schubertpark sowie eine *Koelreuteria paniculata* im Märzpark wurden aufgrund mangelnder Aussagekraft von der Messung ausgenommen. Im Märzpark konnten die Trieblängen eines *Acer platanoides* und zweier *Robinia* `Casque Rouge` nicht aufgenommen werden, da die Triebbasisnarben nicht eindeutig erkennbar waren.

5.1.3.2. Entwicklung der Trieblängen seit der Pflanzung

Um die Entwicklung des Triebwachstums seit der Pflanzung festzuhalten, wurden die Abstände zwischen den Triebbasisnarben bis zum Jahr vor der Pflanzung gemessen. Diese Untersuchung konnte nicht an jedem Baum durchgeführt werden, da in Abhängigkeit von der Baumart, die Jahresgrenzen nicht mehr vollständig erkennbar waren. Auch die Größe der Bäume machte teilweise diese Aufnahme mit einfachen Mitteln nicht mehr möglich, sodass im Schubertpark aufgrund der höheren Pflanzgrößen und der längeren Standzeit der Bäume diese Untersuchung nicht durchgeführt werden konnte.

5.1.4. Kronenzustandsstufen nach BRAUN

Die Einteilung in Kronenzustandsstufen nach BRAUN (1990) beschäftigt sich mit dem Belaubungszustand von Bäumen, wobei der Blattverlust als Hauptparameter zur Bewertung herangezogen wird. Aber auch Blattgröße und Blattnekrosen werden miteinbezogen. Die Problematik der Aussagefähigkeit, die sich durch diese Methodik ergibt, wurde oben bereits angesprochen und auch von BRAUN folgendermaßen kommentiert: „... in Einzelfällen sind Abweichungen von der Regel, daß ein ‘geschwächter’ Baum tatsächlich geschwächt ist, möglich. Im vorliegenden Text wurde daher auf Begriffe wie ‘Vitalität’ oder ‘geschädigter’ Baum zugunsten der tatsächlich messbaren Merkmalsausprägungen weitgehend verzichtet.“ (BRAUN et.al., 1990, S.73). Er benutzt daher den Begriff Kronenzustandsstufen. Zur Ansprache der jungen Bäume auf den beiden Tiefgaragen ist die Einteilung in Kronenzustandsstufen ein wertvolles Instrument. Die Bäume befinden sich noch nicht all zu lange auf ihren Standorten, sie wurden 2005 (Schubertpark) bzw. 2006 (Märzpark) gepflanzt.

Der Belaubungszustand verdeutlicht die Anpassung an den neuen Standort, denn nur ein gut angewurzelter Baum hat ausreichen Reserven um in Blattmasse zu investieren. In diesem Fall ist die relativ kurzfristige Einschätzung des Baumzustandes über die Belaubungsdichte also durchaus interessant. Außerdem handelt es sich auf Tiefgaragen in der Stadt zweifellos um einen Extremstandort, gekennzeichnet durch höhere Temperaturen bei gleichzeitig weniger verfügbarem Wasser. Ist der Standort nicht in der Lage diese Extreme angemessen auszugleichen, kann ein trockenes Jahr durchaus einen bleibenden Schaden am Baum verursachen. BRAUN verwendet zur Einschätzung des Kronenzustandes ein 5 stufiges System. Stufe 1 stellt einen „gesund“ aussehenden Baum mit dichter Belaubung und ohne jegliche Blattschäden dar. Die weiteren Stufen werden Bäumen zugeordnet, die ihre Belaubung aufgrund unterschiedlichster Schadeinwirkungen, aber auch altersbedingt, zunehmend zurückziehen, bis schließlich gar keine Blätter mehr vorhanden sind (Stufe 5). Bei der Beurteilung muss unbedingt auf den arttypischen Habitus der Pflanze eingegangen werden. Die Kriterien zur Bewertung der Bäume sind den Abbildungen 52 und 53 zu entnehmen.

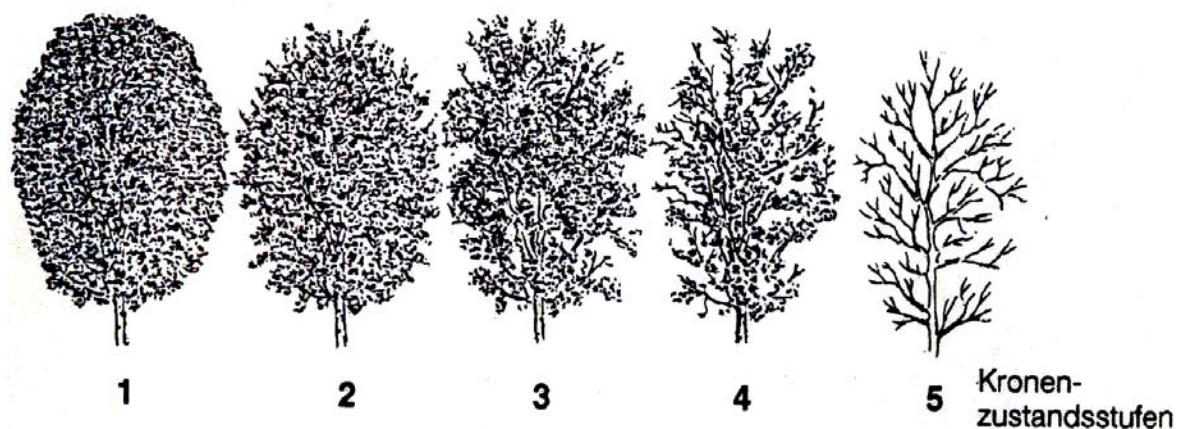


Abb.52: Beschreibung der Kronenzustandsstufen von Laubbäumen nach BRAUN (aus: BRAUN et.al., 1990, S.72)

Kronenzustandsstufen	Verbale Beschreibung
1	volles Kronenbild durch dichte Belaubung in allen Kronenbereichen, grüne Blätter;
2	Herausragen einiger dicht beblätterter Zweige und Äste aus der Krone, eventuell kleinere und hellere Blätter als normal;
3	beginnende Auflösung der Baumkrone in Teilkronen, steigender Anteil an Dürrlingen und nekrotischen Blättern;
4	totale Auflösung der Baumkrone in Teilkronen, starke Auslichtung in allen Kronenbereichen, viele dürre Äste und Zweige, Großteil der Blätter nekrotisch verfärbt;
5	keine Beblätterung, nur mehr Astskelett vorhanden, Baum abgestorben;

Abb.53: Verbale Beschreibung der Kronenzustandsstufen von Laubbäumen nach BRAUN (aus: BRAUN et.al., 1990, S.73)

Die Erhebung der Kronenzustandsstufen der Bäume im Märzpark und im Schubertpark wurde im Juli 2008 durchgeführt und im Juli 2009 wiederholt. Die Bäume stehen bereits 2 - 3 Jahre in den Parkanlagen. Im Idealfall sollten sie bereits gut angewurzelt sein und dementsprechend viel in den Kronenaufbau investieren können. Bei guten Standortbedingungen sind Bewertungen der jungen Parkbäume innerhalb der Kronenzustandsstufen 1 und 2 zu erwarten.

5.1.5. Baumschäden

Die Aufnahme der Baumschäden ist von Bedeutung, um die zukünftige Entwicklung der Bäume abzuschätzen. Die Problematik ergibt sich dadurch, dass die Auswirkungen von Schäden meist erst Jahre nach der Schadeinwirkung erkennbar werden und dann dem jeweiligen Vorfall oft nicht mehr zugeordnet werden können.

Bei der Beurteilung von Schnittwunden und Astabrissen wurde auf die Fähigkeit der Baumarten auf diese Schäden zu reagieren eingegangen. Es wurde differenziert nach guten und schlechten Kompartimentierern und somit „problematische“ Schäden erst ab einer Aststärke von 10 cm bzw. ab 5 cm aufgenommen (DUJESIEFKEN und LIESE, 2008). Im Schubertpark sind *Acer campestre*, *Aesculus carnea*, *Celtis australis*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus ornus*, *Malus spec.* sowie *Sophora japonica* als schlechte Kompartimentierer vorhanden. *Tilia tomentosa* gilt als guter Kompartimentierer. Die Wundreaktion von *Acer platanoides* ist standortabhängig, je nach Standortgüte zählt diese Art zu den guten oder schlechten Kompartimentierern, deshalb wurden alle Wunden mit einem größeren Durchmesser als 5 cm aufgenommen. Für die Wundreaktion von *Alnus cordata* konnte keine Angabe gefunden werden, weshalb ebenso alle Schäden ab 5 cm Größe aufgenommen wurden.

Im Märzpark sind *Aesculus hippocastanum*, *Prunus avium* `Plena`, *Catalpa bignonioides*, *Robinia* `Casque rouge` schlechte und *Platanus acerifolia* gute Kompartimentierer. Für *Gleditsia triacanthos* konnte keine Angabe gefunden werden.

Neben den Schnittwunden und Astabrissen wurden auch Baumschäden, verursacht durch Vandalismus (meist oberflächliche Einritzungen), Rindenrisse, Einschnürungen durch unsachgemäße Baumstützung, sonstige mechanische Schäden (meist verursacht durch die Rasenpflege) sowie sichtbare Wurzelschäden und Schädlingsbefall aufgenommen.

5.2. Untersuchung des Baumumfeldes

Die Qualität des Standortes wird neben den klimatischen Bedingungen und der Bodenbeschaffenheit auch stark von den unmittelbaren Standortfaktoren beeinflusst. So spielen an den einzelnen Standorten etwa Versiegelungen und Baumscheibenbewuchs bzw. -abdeckung eine Rolle. Auch die voraussichtliche Nutzungsart und -intensität kann darüber entscheiden, ob die Baumpflanzung an dieser Stelle zum dauerhaften Erfolg führt. Die Daten zur Untersuchung der einzelnen Parameter wurden mithilfe eines erstellten Aufnahmebogens im Frühjahr 2009 erhoben.

5.2.1. Versiegelung

Die Auswirkungen von Versiegelungen auf die Baumwurzeln wurden bereits oben angesprochen. Inwiefern diese ein Problem für die Bäume darstellen können, hängt natürlich vom Versiegelungsgrad, aber auch von der Baumart ab. Der Versiegelungsgrad wurde anhand der Kronenprojektion der erwachsenen Bäume abgeschätzt. Dabei handelt es sich natürlich um einen Schätzwert, da der genaue Wurzelbereich eines Baumes nicht festgelegt werden kann. Die Ausbreitung des Wurzelsystems hängt bekanntlich vom artbedingten Habitus sowie von Struktur und Zusammensetzung des Bodens ab, die Abschätzung soll jedoch einen Anhaltspunkt für die Intensität der Versiegelung geben. Auch die Toleranz der einzelnen Baumarten gegenüber Versiegelungen im Wurzelbereich wird an dieser Stelle behandelt.

5.2.2. Übererdungshöhe

Bei der Pflanzung ist es enorm wichtig die richtige Übererdungshöhe einzuhalten. Die dauerhaft schädigenden Auswirkungen einer zu tiefen Pflanzung auf Bäume werden leider oft unterschätzt. Zu tiefe Pflanzungen können das Wachstum der Bäume stark einschränken, zu frühzeitiger Vergreisung führen und die Bäume sogar zum Absterben bringen. Bei einer richtig ausgeführten Pflanzung muss der leicht verdickte Wurzelhals an der Bodenoberfläche erkennbar sein (siehe Abb.54). Die Empfindlichkeit gegenüber falschen Übererdungshöhen ist baumartenabhängig, wobei hier weitergehende wissenschaftliche Untersuchungen noch ausgeblieben sind. In den beiden Parkanlagen wurde die Lage des Wurzelanlaufs überprüft und bei Abweichungen von der richtigen Setzhöhe die Differenz zu dieser gemessen.

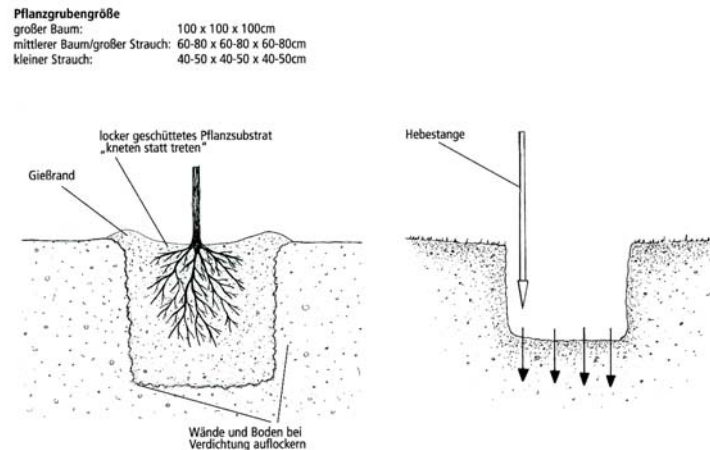


Abb.54: links: Richtiges Pflanzen eines Jungbaumes und Maße für die Baumgrube; rechts: das Auflockern des Untergrundes vor der Pflanzung verbessert die Durchwurzelbarkeit (aus: FLORINETH, 2004)

5.2.3. Baumscheibenbewuchs und -abdeckung

Der Unterbewuchs der Bäume in den Parkanlagen wird in die Kategorien „Gräser/Kräuter“, „Gehölze“ und „kein Unterbewuchs“ eingeteilt. In Abhängigkeit von der Artenauswahl entstehen unterschiedliche ökologische Wechselwirkungen. So kommt es einerseits zu Konkurrenzsituationen um Wasser und Nährstoffe, andererseits kann sich der Unterbewuchs durch die Beschattung und den Schutz des Bodens vor Auswaschung wieder positiv auf das Baumwachstum auswirken. Das Bepflanzen des Wurzelbereichs mit einer Gräser-Kräuter-Mischung ist insofern problematisch, da bei einigen Gräsern ein dichter Wurzelfilz entsteht, der Niederschlagswasser nur schwer passieren lässt. Außerdem verursacht die Pflege des Rasens häufig Baumschäden durch Mähgeräte im Stammfußbereich. Bei der Verwendung von Gehölzen zur Baumscheibenbepflanzung ist auf die passende Artenauswahl zu achten. So sind stark flachwurzeln Arten zu vermeiden, die den Bäumen Bodenvolumen, Wasser und Nährstoffe streitig machen. Bei der Untersuchung des Unterbewuchses wird auf die „Baumverträglichkeit“ der Gehölze eingegangen. Im Märzpark und im Schubertpark kommen Oberflächenabdeckungen mit Rindenmulch und wassergebundener Decke vor. Die Mulchung mit Rindenschnitzel hat positive Auswirkungen auf das Baumwachstum, vor allem als Maßnahme zur Jungbaumpflege ist sie sehr dienlich. Der Rindenmulch beschattet den Boden und schränkt so die Evaporation ein, er verhindert das Aufkommen von Konkurrenzvegetation und schützt bis zu einem gewissen Grad vor Oberflächenverdichtungen. Der langsame Abbau der Mulchschicht durch Bodenorganismen fördert zudem die Nährstoffversorgung. Bei der Verwendung von Mulchmaterialien ist unbedingt auf deren Qualität zu achten. Gerbstoffe und Polyphenole müssen abgebaut und Krankheitserreger abgetötet sein, um Schäden an den Bäumen zu vermeiden.

Die Abdeckung von Baumscheiben mit wassergebundener Decke ist an stärker beanspruchten Standorten empfehlenswert. Sie verfügt über hohe Strukturstabilität, wodurch die Baumwurzeln vor oberflächennahen Verdichtungen geschützt werden. Gleichzeitig ist diese Art der Baumscheibenabdeckung wasser- und luftdurchlässiger als Pflasterbeläge.

5.2.4. Belastung durch Parkbesucher

Ständiges Betreten der Baumscheibe führt zu Verdichtungen und somit zu einer Schädigung und Verminderung der Effizienz der Feinwurzeln, da Sauerstoffmangel im Boden entsteht. Um diese Belastung zu beurteilen wurde das Besucherverhalten beobachtet und die Baumstandorte in Kategorien eingeteilt. „Stark belastet“ werden Bäume, die entlang beliebter Abkürzungen oder unmittelbar neben oder innerhalb von Kinderspielflächen stehen und deren Wurzelbereich demnach täglich öfter betreten wird. Bäume auf freien Vegetationsflächen entlang von Wegen, die mehrmals wöchentlich belastet werden, gehören der Kategorie „mäßig belastet“ an. In die Kategorie „kaum belastet“ fallen jene Bäume, welche abseits von den frequentierten Wegen stehen und deren Wurzelbereich deshalb nur sehr selten betreten wird. Der Kategorie „keine Belastung“ wurden jene Bäume zugewiesen, die durch Einzäunung völlig vor Betritt des Wurzelbereiches geschützt sind.

5.2.5. Belastung durch Hunde

Die Einstufung in Kategorien erfolgt analog der Belastung durch Parkbesucher, abgestimmt auf das Verhalten der Hundehalter und Hunde. Zur Bedeutung dieser Belastung für die jungen Bäume siehe Kapitel 2.2.2.4.2.

5.2.6. Baumstützung

Baumstützungen helfen den Jungbäumen beim Anwurzeln, indem sie für die notwendige Stabilität nach der Auspflanzung sorgen. Sie verhindern das Abreißen von neu gebildeten Feinwurzeln durch Windbewegungen oder andere mechanische Belastungen. Falsch ausgeführte Baumstützungen können jedoch erhebliche Schäden an den Bäumen verursachen. Die Pfähle der Baumstützungen dürfen niemals direkt am Stamm aufliegen, ein Mindestabstand von 30 - 40 cm zum Stamm ist empfehlenswert (FLORINETH, 2004). Auch falsche Bindematerialien und zu enge Einschnürungen können den jungen Bäumen schwer zusetzen.

Schwere Rindenverletzungen des Stammes und der Wurzel sind also leider oft die Folge einer gut gemeinten Hilfsmaßnahme. Abbildung 55 und 56 zeigen einen Überblick der gängigen Ausführungen von Baumstützungen.

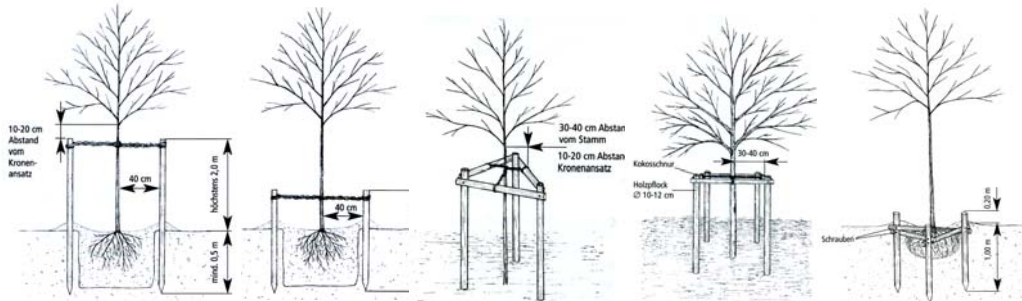


Abb.55: Gute Ausführungen von Baumstützungen (aus: FLORINETH, 2004): von links nach rechts: Zweipfahlstützung, Kurzpfehlstützung, Dreipfahlstützung, Vierpfahlstützung, Wurzelballenstützung;

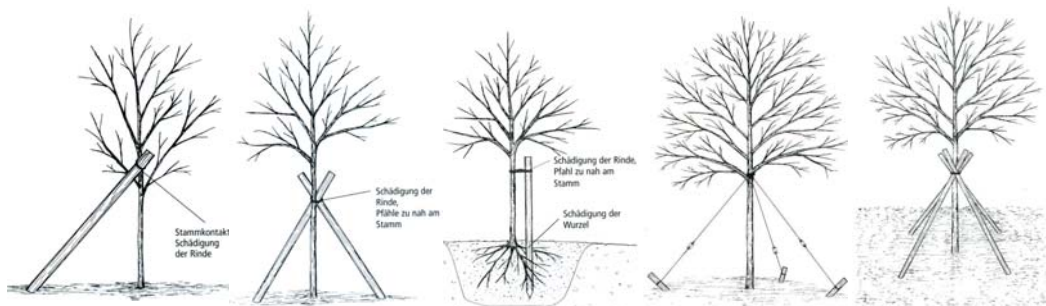


Abb.56: Schlechte Ausführungen von Baumstützungen (aus: FLORINETH, 2004): von links nach rechts: Schrägpfehlstützung, Kreuzpfehlstützung, Einpfahlstützung, Dreipunkt-Drahtseil-Verankerung, Stangenschere;

Die Bäume im Schubertpark und im Märzpark wurden auf die Art und Ausführungen der Baumstützungen untersucht und bewertet.

5.2.7. Stammschutz

Solitär gepflanzte Stadtbäume, die nicht durch Gebäude beschattet werden sind oft starker Sonnenstrahlung ausgesetzt, die Schäden an Pflanzenorganen hervorrufen kann. Besonders gefährdet sind junge Gewebe sowie solche, die an die starke Einstrahlung nicht „gewöhnt“ sind und plötzlich freigestellt werden. Die Rinde der jungen Bäume ist noch sehr empfindlich gegenüber dieser Sonneneinstrahlung, sodass leicht Rindenrisse oder flächige Nekrosen entstehen können. Um dies zu vermeiden ist es empfehlenswert einen Stammschutz anzubringen, welcher in Form von Matten aus unterschiedlichen Materialien oder als Stammanstrich erfolgen kann. Die lockere Abdeckung des Baumstammes mit Matten aus Naturstoffen, wie Schilfrohr, Kokosfasern, Weidenruten oder Holzstäben hat sich bewährt. Sie bietet lang anhaltenden Schutz vor großen Temperaturschwankungen aber auch vor mechanischen Schäden.

Das plötzliche Freistellen der Stämme beim Entfernen des Stammschutzes kann jedoch Probleme verursachen. Noch besser ist der weiße Stammanstrich, der gut ausgeführt fünf Jahre lang hält. Der Anstrich wächst im Laufe der Zeit aus, was eine langsame Anpassung der Bäume an die nachlassende Schutzwirkung ermöglicht. Er bewahrt die Bäume jedoch nicht vor mechanischen Schadeinwirkungen. Die Jungbäume in den Parkanlagen wurden auf das Vorhandensein eines Stammschutzes überprüft.

5.2.8. Bewässerung

Jungbäume sollten generell in den ersten Jahren während der Anwuchsphase in Trockenzeiten bewässert werden. Als Hilfsmittel zur Bewässerung wären z.B. Ringleitungen mit Steigrohren zu nennen, die zusätzlich die Sauerstoffversorgung der Baumwurzeln verbessern und demnach sehr empfehlenswert sind, wenn nachträgliche Bodenverdichtungen zu befürchten sind.

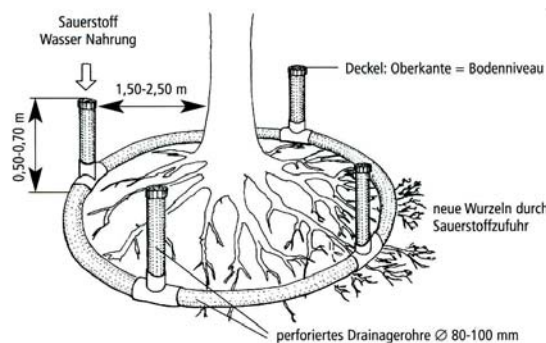


Abb.57: Ringleitung mit Steigrohren zur Bewässerung und Belüftung der Baumwurzeln
(aus: FLORINETH, 2004)

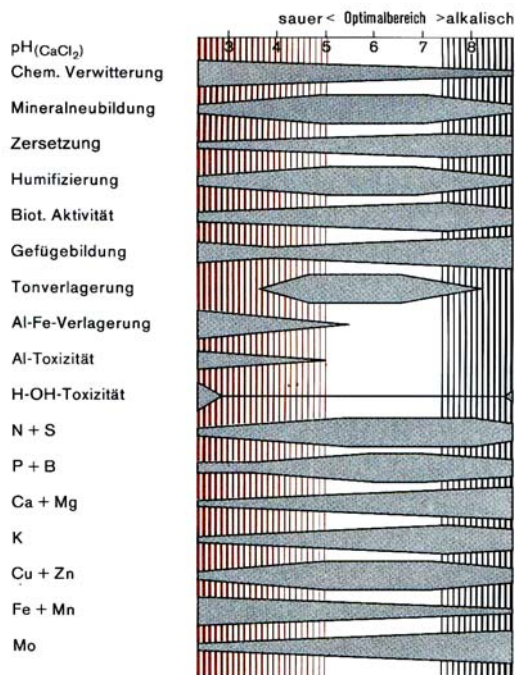
Bei der Errichtung von komplett neuen Bodenaufbauten, wie etwa während der Anlage der Vegetationstragschicht auf den Tiefgaragen, ist es auch leicht möglich flächige Bewässerungssysteme zur Wasserversorgung einzubauen. Bei der Bewässerung der Bäume ist jedoch auch Vorsicht geboten, denn häufiges, intensives Wässern kann zur Vergleyung des Bodens führen.

Im Märzpark und im Schubertpark wurde überprüft, ob die Bewässerung in Bedarfszeiten ohne hohen Aufwand durch diverse Hilfsmittel möglich ist.

5.3. Bodenuntersuchungen

5.3.1. pH-Wert

Der pH-Wert, beschrieben als der negative, dekadische Logarithmus der H^+ -Ionenkonzentration gilt als Maß für die Bodenreaktion. Sie ist von großer Bedeutung für das Pflanzenwachstum, da eine Reihe von chemischen, biotischen und physikalischen Eigenschaften und Prozessen im Boden mit ihr in Verbindung stehen.



Die chemische Verwitterung der Gesteine wird direkt von der Acidität des Bodens beeinflusst. Sie verläuft bei zunehmender Versauerung, also bei niedrigen pH-Werten schneller. Die Mineralneubildung als Folge der Verwitterung verläuft uneingeschränkt im pH-Bereich von 4,5 - 8. Auch die Ionenaustauschkapazität, also die Nährstoffverfügbarkeit, ist stark abhängig vom pH-Wert.

Abb.58:
Beziehungen zwischen pH und pedogenetischen
Prozessen sowie der Nährstoffverfügbarkeit
(aus: SCHROEDER, 1992, S.80)

Die Art und Stabilität des Bodengefüges sind neben dem Tongehalt auch von der Acidität abhängig. Denn die festigenden Ionen kommen nur bei den entsprechenden pH-Werten gelöst vor. Im sauren Bereich festigen Fe- und Al-Ionen die Bodenkolloide zu stabilen Krümeln, bei pH-Werten ab 6,5 übernehmen Ca-Ionen diese Aufgabe (MÜCKENHAUSEN, 1993).

Der Abbau organischer Bodensubstanz und die Huminstoffbildung stehen im Zusammenhang mit der Aktivität von Bodenmikroorganismen, welche wiederum nicht in Böden mit extrem sauren oder alkalischen Reaktionen leben können. Auch Regenwürmer bevorzugen einen möglichst neutralen pH-Wert.

Zur Bestimmung der Acidität des Bodens wurden der aktuelle und der potentielle pH-Wert der Bodenproben mittels pH-Meter gemessen. Der pH-Meter wurde vor Versuchsbeginn mithilfe von Pufferlösungen kalibriert.

Der aktuelle pH-Wert ($\text{pH}_{[\text{H}_2\text{O}]}$) beschreibt die tatsächlich in der Bodenlösung vorhandene H^+ -Ionenaktivität. Zur Ermittlung wird die Bodenprobe in destilliertem Wasser gelöst. Ein Teil Feinboden (10g) wird hierzu mit 2,5 Teilen Wasser (250ml) in eine verschließbare Plastikflasche gefüllt, verschlossen und immer wieder gut durchgeschüttelt. Nach ca. zwei Stunden kann die Glaselektrode des pH-Meters in die Bodenlösung gehalten und gemessen werden. Der potentielle pH-Wert ($\text{pH}_{[\text{CaCl}_2]}$) hingegen gibt auch Aufschluss über die H^+ - und Al -Ionen, welche an Austauschern festhaften. Die Al -Ionen sind hier deshalb von Bedeutung, da während der Reaktion mit Wassermolekülen wiederum H^+ -Ionen entstehen (MÜCKENHAUSEN, 1993). Gemessen wird der potentielle pH-Wert wie der aktuelle, nur dass anstatt destilliertem Wasser 250 ml 0,01mol CaCl_2 als Austauscherlösung verwendet wird.

Aus dem Märzpark wurden 10 Proben aus den Oberboden unmittelbar neben den Baumstandorten 1, 5, 6, 11, 21, 24, 28, 30, 34 und 36 entnommen, aus dem Schubertpark 4 Proben neben den Baumstandorten 1, 5, 10 und 14. (siehe Anhang: Lageskizzen der Parkanlagen). Die Probenbeschaffung und -auswertung erfolgte im September 2008.

5.3.2. Karbonatgehalt

Karbonate sind einerseits wichtige Bestandteile des Puffersystems eines Bodens, um Versauerung zu verzögern. Starke Säuren können gepuffert werden, indem Calciumsalze und die wesentlich schwächere Kohlensäure gebildet wird. Andererseits wird die Stabilität des Bodengefüges durch einen hohen Karbonatgehalt verbessert, da die Ca^{2+} -Ionen aus dem Karbonat besonders zur Ausflockung neigen.

Die Bestimmung des Kalkgehaltes der Bodenproben von den Baumstandorten erfolgte nach dem Prinzip von SCHEIBLER im Labor des Institutes. Hierbei werden in der eigens dafür entwickelten Scheiblerapparatur die in der Bodenprobe enthaltenen Karbonate durch Salzsäure zerstört. Während dieser Reaktion wird CO_2 freigesetzt, dessen Volumen in ml mit Hilfe des Apparates festgehalten wird.

Die Ausführung des Versuches erfolgte nach einer im Labor aufliegenden Anleitung:

0,5 - 10g Feinboden werden abgewogen, in das dafür konzipierte Reaktionsgefäß gefüllt und mit etwas destilliertem Wasser befeuchtet, um im Boden vorhandene Lufteinschlüsse zu verhindern. Dann wird verdünnte Salzsäure in den von der Bodenprobe abgetrennten Einsatz im Reaktionsgefäß eingefüllt. Anschließend wird das Gefäß mit einem Stopfen, welcher über einen Schlauch mit dem Scheiblerapparat verbunden ist, luftdicht verschlossen.

Bei geöffnetem Ausgleichshahn wird zunächst das Niveau der in der Messröhre befindlichen 1%igen Kaliumchlorid-Lösung über die Niveauröhre auf 0 gebracht und in weiterer Folge der Ausgleichshahn wieder geschlossen. Nun kann der Versuch gestartet werden, indem die Salzsäure aus dem Einsatz auf die Erdprobe im Reaktionsgefäß gekippt und immer wieder leicht geschüttelt wird. Dabei ist unbedingt darauf zu achten, dass das Reaktionsglas beim Schütteln nicht durch die Hand erwärmt wird, es muss also ganz oben gehalten werden. Das je nach Intensität der Reaktion entstehende CO₂ verdrängt dementsprechend stark die KCl-Lösung aus der Messröhre in die Niveauröhre. Durch regelmäßiges Ablassen wird das Niveau der Flüssigkeit in Messröhre und Niveauröhre auf gleicher Höhe gehalten. Der Versuch ist dann abgeschlossen, wenn sich der CO₂ Stand in der Messröhre nicht mehr verändert, was in etwa 15 min. beansprucht. Das Ergebnis ist ein volumetrischer Wert in Milliliter (ml), welcher erst auf das jeweilige Gewicht in Milligramm (mg) umgerechnet werden muss. Das Verhältnis von Volumen zum Gewicht des Gases ist von der jeweiligen Temperatur und dem Luftdruck während der Versuchsdurchführung abhängig. Diese Verhältnisse können aus bestehenden Tabellen entnommen werden. Für die Umrechnung wurde folgende Formel herangezogen:

$$\frac{\text{ml CO}_2 \times \text{Tabellenwert} \times 2,274 \times 100}{\text{Gewicht der Probe in mg}} = \% \text{ CaCO}_3$$

Die Bestimmung des Karbonatgehaltes der Proben aus dem Schubertpark und Märzpark erfolgte parallel zu den pH-Wert Messungen. Es wurden die gleichen Probenanzahlen an denselben Stellen entnommen.

5.3.3. Korngrößenverteilung

Die richtige Zusammensetzung von Grob-, Mittel- und Feinkörnern ist die Voraussetzung für einen dauerhaft funktionierenden Baumstandort. Werden hier Fehler begangen, meist durch einen zu hohen Feinanteil im Baumsubstrat, führt dies zwangsläufig zu Folgeproblemen an beanspruchten Standorten.

Die Korngrößenverteilung gibt die Massenprozentage der Körnungsgruppen in den jeweiligen Bodenproben an. Die Verteilung der Korngrößen über 0,063 mm wird durch trockene Siebungen (Siebanalyse) bestimmt, die Massenanteile kleinerer Korngrößen bis zu 0,001 mm können durch Sedimentation (Schlammanalyse) ermittelt werden (PREGL, 2000). Da alle Bodenproben nennenswerte Anteile an Korngrößen sowohl über als auch unter 0,063 mm aufweisen, musste zur Auswertung der Korngrößenverteilung jeweils die kombinierte Siebung und Sedimentation angewendet werden.

Dabei wurde nach folgendem Arbeitsschema vorgegangen:

1) Ermittlung der Gesamttrockenmasse:

Um das Trockengewicht der Bodenprobe zu ermitteln wird sie zunächst im Trockenschrank bei 105 C° bis zur Massenkonstanz getrocknet und anschließend abgewogen.

2) Nasses Abtrennen der Fein- von den Grobanteilen:

Die Probe wird in einen Eimer gefüllt, mit Wasser versetzt und für einige Stunden gut durchweicht. Zum Abtrennen der Feinanteile wird die Probe dann mit Hilfe einer Handbrause durch ein 0,5 mm Sieb geschlämmt. Zum Schutz des relativ feinen Siebes muss ein 4 mm Sieb übergelagert werden. Die groben Rückstände auf diesen Sieben werden wieder getrocknet, die Feinanteile in einer Tonne mit Stahleinsatz aufgefangen. Nachdem sich die Feinanteile in der Tonne vollständig abgesetzt haben, kann das überschüssige, klare Wasser abgesaugt werden und der Einsatz aus der Tonne gehoben werden. Der Feinboden wird solange getrocknet, bis er eine plastische Konsistenz aufweist. Im Anschluss wird er gut vermischt und für die Feinsiebung vorbereitet.



von links nach rechts:

Abb.59: Nasses Abtrennen der Feianteile durch 0,5 und 4 mm Siebe

Abb.60: Feianteile kleiner als 0,5 mm im Tonneneinsatz

Abb.61: Rückstand der Grobanteile auf den Sieben

3) Grob- und Mittelsiebung:

Die Grob und Mittelsiebung wird in einem Arbeitsschritt durchgeführt. Dabei wird der Rückstand 0,5 mm trocken durch Siebe unterschiedlicher Maschenweiten gesiebt. Die Maschenweiten für die Grobsiebung betragen 31,5 mm, 16 mm, und 8 mm, für die Mittelsiebung 4 mm, 2 mm, 1 mm, und 0,5 mm. In einer elektrisch betriebenen Siebmaschine wird die Probe zunächst 10 min. durch die abgestuften Siebe gerüttelt, danach muss noch einmal gründlich von Hand nachgesiebt werden. Die Rückstände auf den einzelnen Sieben werden abgewogen und in Massenprozent der Gesamtmasse angegeben.



oben: Abb.62: händisches Nachsieben
rechts: Abb.63: elektrisch betriebener Siebturm



4) Sedimentation:

Die Anteile der Korngrößen unter 0,063 mm werden durch Sedimentation ermittelt. Dabei wird nach dem Aräometerverfahren von Bouyoucos-Casagrande vorgegangen, welches sich das Gesetz von STOKES zu nutze macht. Dieses beschreibt den Zusammenhang zwischen Korngröße, Dichte und Sinkgeschwindigkeit von kugelförmigen Körpern (PREGL, 2000). Bevor der Versuch gestartet werden kann muss die Bodenprobe entsprechend vorbereitet werden. 30 - 50 g Feinboden aus dem Durchgang 0,5 mm werden als Teilprobe entnommen und über ein 0,1 mm Sieb in einen Glaszylinder von 1000 cm³ gespült.

Der Zylinder wird dann bis zur Messmarke mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Nun kann der Versuch gestartet werden, indem die Suspension im Zylinder vollständig durchgerührt und anschließend eine Stoppuhr ausgelöst wird. In festgelegten Zeitabständen lässt man eine Glasbirne mit angebrachter Messskala (Aräometer) in der Suspension schwimmen. Die Ablesungen auf dieser Skala entsprechen der Dichte der Suspension. Zu Beginn des Versuchs ist die Dichte durch das Aufrühren der Suspension im gesamten Zylinder gleich groß, danach sinken die Körner in Abhängigkeit ihrer Masse unterschiedlich schnell ab, die Dichte ändert sich demnach ständig im vertikalen Schnitt. Über die Eintauchtiefen des Aräometers zu den jeweiligen Ablesungen nach 0,5, 1, 2, 5, 15 und 45 Minuten, weiters nach 2, 4, 6, und 24 Stunden, kann die Korngrößenverteilung errechnet werden.

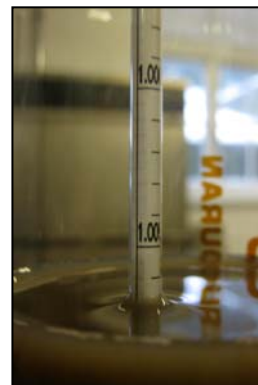


von links nach rechts:

Abb.64: vorbereitete Aräometerzylinder zu Versuchsbeginn

Abb.65: Ablesung der Aräometerskala

Abb.66: Aräometerbirne in destilliertem Wasser



5) Feinsiebung:

Der beim Einspülen des Feinmaterials durch das 0,1 mm Sieb in den Aräometerzylinder zurückgebliebene Rückstand wird bis zur Massenkonstanz getrocknet. Dieser Rückstand $< 0,5$ mm und $> 0,1$ mm wird dann trocken durch ein 0,2 und ein 0,1 mm Sieb gesiebt um die fehlenden Korngrößen der Feinsiebung zu ermitteln. Das „Durchpinseln“ der Sandfraktion durch die Siebe ermöglicht genaues Arbeiten. Die anfallenden Rückstände werden abgewogen und auf die Gesamtmasse hochgerechnet.



links:

Abb.67: 0,2 und 0,1mm Sieb mit Auffangtasche

rechts:

Abb.68: „Durchpinseln“ der Sandfraktion durch das Sieb

6) Dateneingabe:

Die nun vollständigen Daten können in die eigens dafür konzipierte Software des Institutes für Geotechnik eingegeben werden. Man erhält eine vollständige Sieblinie, die einzelnen Kornfraktionen in Massenprozent der Gesamtmasse in Tabellenform sowie die Bezeichnung des Bodens nach den Korngrößen. Das Übereinanderlagern von Sieblinien mehrerer Proben ermöglicht es einen Bereich für einen bestimmten Standort festzulegen.

Die Bodenproben zur Bestimmung der Korngrößenverteilungen wurden im Oktober 2008 aus den beiden Parkanlagen genommen. 5 bis 7 Liter je Standort wurden unterhalb der Grasnarbe bzw. der obersten Bodenschichte aus dem Oberboden ausgegraben. Die Löcher wurden mit Ersatzmaterial wieder aufgefüllt. Aus dem Märzpark wurden 10 Proben unmittelbar neben den Baumstandorten 1, 5, 6, 11, 21, 24, 28, 30, 34 und 36 gewählt, aus dem Schubertpark 4 Proben neben den Bäumen Nummer 1, 5, 10 und 14 (siehe Anhang: 9.6. Lageskizzen der Parkanlagen, S.185). Die Auswertung der Kornverteilungen erfolgte dann von Dezember bis Februar 2009.

Kornfraktion		Symbole	Korngrößenbereich [mm]	Korngrößen-grenzen [mm]	Vergleichsmaß
Hauptklassen	Unterklassen				
Grobkorn (Siebkorn)					
Blöcke, blockig	(engl.: boulder)	Y, y	> 200		
Steine, steinig	(engl.: rubble)	X, x	> 63 – 200	200	Kopf
Kies, kiesig	(engl.: gravel)	G, g	>2 – 63		
Grobkies		gG, gg	> 20 – 63	63	Hühnerei
Mittelkies		mG, mg	> 6,3 – 20	10	Haselnuß
Feinkies		fG, fg	> 2 – 6,3	6,3	Erbse
Sand, sandig	(engl.: sand)	S, s	> 0,06 – 2	2	
Grobsand		gS, gs	> 0,6 – 2		Streichholzkopf
Mittelsand		mS, ms	> 0,2 – 0,6	0,6	Grieß
Feinsand		fS, fs	> 0,06 – 0,2		Einzelkorn gerade noch erkennbar; menschliches Haar ist 0,03 bis 0,06 mm dick
Feinkorn (Schlammkorn)					
Schlufffraktion	(engl.: silt)	U, u	> 0,002 – 0,06		
Grobschluff			> 0,02 – 0,06		
Mittelschluff			> 0,006 – 0,02		
Feinschluff			> 0,002 – 0,006		
Tonfraktion	(engl.: clay)	T, t	> 0,002		

Abb.69: Bezeichnung der Bodenpartikel nach der Korngröße (aus: PREGL, 2000, S.74)

5.3.4. Lagerungsdichte

Die Lagerungsdichte ist das Verhältnis der Masse zum Volumen des Bodenmaterials in g/cm^3 . Sie ist als Kennzeichen eines veränderlichen Gefügestandes des Bodens bedeutend, um den momentanen Verdichtungszustand des Bodens wiederzugeben (HARTGE und HORN, 1992).

Mit Hilfe von Stechzylindern wird ein genau definiertes Volumen aus dem ungestörten Boden ausgestochen. In diesem Fall haben die Stechzylinder 100 cm^3 , sodass das Ergebnis der Gewichtsmessung dividiert durch 100 die Lagerungsdichte ergibt. Die Einteilung in Stufen von sehr geringer bis sehr hoher Lagerungsdichte nach PREGL (2000) vereinfacht die Interpretation der Ergebnisse.

Lagerungsdichte (g/cm^3)	Stufe
< 0,80	sehr gering
0,80 - 1,25	gering
1,25 - 1,5	mittel
1,50 - 1,75	hoch
> 1,75	sehr hoch

Abb.70:
Einteilung von Böden in Stufen
nach der Lagerungsdichte
(PREGL, 2000; verändert)

Die Probenentnahme in den beiden Parkanlagen erfolgte im Oktober 2008. Im Märzpark wurden die Baumstandorte 1, 2, 6, 11, 22, 30 und 34, im Schubertpark 1, 4, 8, 10 und 14 beprobt (siehe Anhang: 9.6. Lageskizzen der Parkanlagen, S.185).

5.3.5. Tragfähigkeitsuntersuchung

Die Tragfähigkeit kennzeichnet die Widerstandskraft des Bodens gegen Verformungen, bei Belastungen unterschiedlicher Art. Ein ausreichend tragfähiger Boden ist Voraussetzung für den Erhalt einer guten Bodenstruktur.

Der dynamische Lastplattenversuch mit dem leichten Fallgewichtsgerät ist eine Methode zur Bestimmung der Tragfähigkeit und Verdichtungsqualität von Böden. Über eine kreisförmige Lastplatte wird der Boden stoßartig mit einem Fallgewicht mehrmals belastet und die daraus resultierenden Setzungen, bei bestimmter Krafteinwirkung, Stoßdauer und Fallhöhe gemessen. Aus diesen Werten errechnet das Gerät den dynamischen Verformungsmodul ($E_{vd} [\text{MN}/\text{m}^2]$), welcher im Bereich von $10 - 125 \text{ MN}/\text{m}^2$ gemessen werden kann.

Geeignet ist die Versuchsdurchführung für grob-, gemischtkörnige und feinkörnige Böden, wobei der Anteil von Körnern > 63 mm vernachlässigbar klein sein muss. Da bei feinkörnigen Böden der Wassergehalt das Ergebnis beeinflussen kann, wurde dieser zusätzlich ausgewertet.

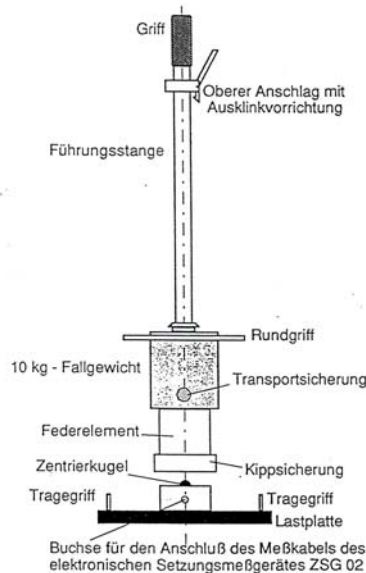


Abb.71: Kleines Fallgewichtsgärat (aus: ASCHAUER,1996)

Auf der kreisförmigen Lastplatte ist ein Lastaufnahmegehäuse mit Zentrierkugel befestigt, in welcher sich der Sensor zur Setzungsmessung befindet (ASCHAUER, 1996). Zur Versuchsdurchführung wird die Belastungsvorrichtung, bestehend aus Führungsstange, Federelement und Fallgewicht, auf die Lastplatte gestellt. Diese sollte ohne zu verrutschen gut am Boden aufliegen. Danach wird die Lastplatte über ein Kabel mit dem elektronischen Setzungsmessgerät verbunden. Das Fallgewicht wird zunächst bis zum oberen Anschlag der Führungsstange gezogen und dort in die Ausklinkvorrichtung eingehängt. Über den Hebel der Ausklinkvorrichtung wird das Fallgewicht schließlich losgelassen, fällt auf die Lastplatte und wird beim Rückprall wieder aufgefangen. Jeweils drei Stöße mit dem Fallgewicht werden zur Vorverdichtung des Bodens durchgeführt. Beim zweiten Durchgang, also nach drei weiteren Stößen, wird der vom Messgerät ermittelte E_{vd} -Wert notiert.

Der Lastplattenversuch wurde an allen Baumstandorten im Schubertpark durchgeführt. Im Märzpark wurden 4 Standorte, nämlich jene der zu dem Zeitpunkt bereits entfernten Bäume, sowie ein weiterer aufgrund des starken Bewuchses unzugänglicher Standort von den Versuchen ausgenommen. Alle Lastplattenversuche wurden im August 2008 ausgeführt.

5.3.6. Wasserdurchlässigkeit mittels Ausschüttversuch

Eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit der Böden auf den Tiefgaragen ist enorm wichtig um Staunässe zu vermeiden. Nach starken Niederschlägen muss überschüssiges Wasser so rasch wie möglich den Bodenaufbau passieren können und über die Drainageschicht abgeleitet werden. Wird das Wasser etwa durch Stauschichten blockiert, kommt es zur Verdrängung der Bodenluft mit den daraus folgenden Konsequenzen für die Wurzelaktivität der Bäume (siehe Kapitel 2.2.2.3.3.). Eine gute Wasserdurchlässigkeit kann durch die Verwendung von stützkornreichen, verdichtungsstabilen Material mit hohem Anteil an Grobporen erreicht werden. Sie steht also im direkten Zusammenhang mit den Korngrößen, der Abstufung dieser und der Kornform.

Der Ausschüttversuch ist eine einfache Methode um die Wasserdurchlässigkeit von Böden vor Ort annähernd abschätzen zu können. Dabei wird eine vom Durchmesser 15 cm große, runde Prallplatte aus Stahl waagrecht auf das Planum gelegt. Dann werden 2 Liter Wasser innerhalb von 5 Sekunden aus einer Höhe von 10 cm mittig auf die Platte geleert. Das Wasser breitet sich rund um die Platte auf der Bodenoberfläche aus, bis es schließlich versickert. Je Untersuchungsstandort wird der Versuch dreimal durchgeführt. Beim dritten Durchgang wird die Zeit zwischen Auftragen und Versickern des Wassers mit einer Stoppuhr gemessen. Mit Hilfe der nachfolgenden Abbildung kann über die verstrichene Zeit auf den Durchlässigkeitsbeiwert $[m/s]$ geschlossen werden.

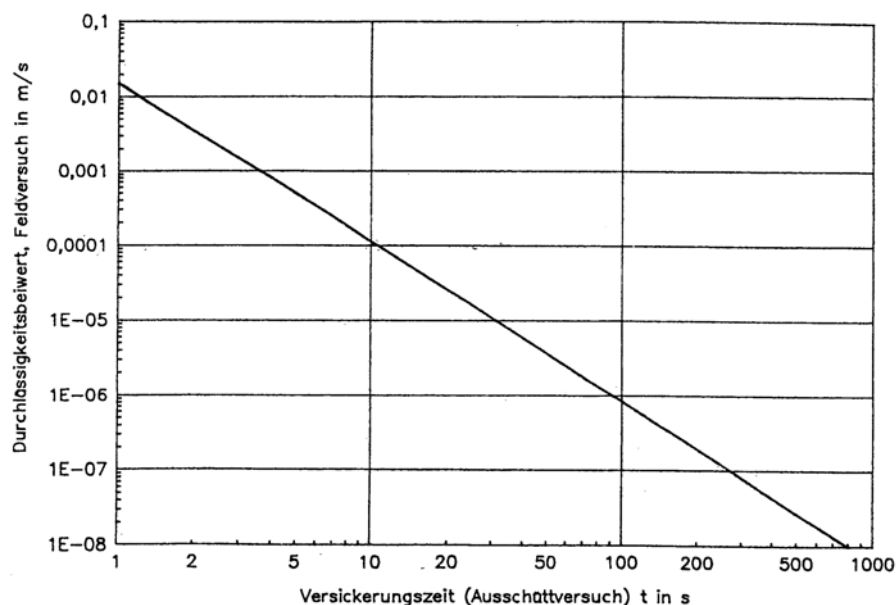


Abb.72: Zusammenhang zwischen Versickerungszeit und Durchlässigkeit beim Ausschüttversuch (RVS 11.062, 1997)

Für die Klassifizierung von Böden nach Durchlässigkeitsbeiwerten (K_f -Wert) gelten überblicksmäßig in Abb.73 ersichtliche Werte.

K_f [m/s]	Bezeichnung
$K_f > 10^{-2}$	sehr stark durchlässig
$10^{-2} > K_f > 10^{-4}$	stark durchlässig
$10^{-4} > K_f > 10^{-6}$	mittel durchlässig
$10^{-6} > K_f > 10^{-8}$	gering durchlässig
$10^{-8} > K_f > 10^{-9}$	sehr gering durchlässig
$10^{-9} > K_f$	undurchlässig

Abb.73: Bezeichnung von Böden in Bezug auf die Durchlässigkeit (aus: PREGL, 1998; verändert)

Im Schubertpark und Märzpark wurde die Durchlässigkeit der Böden im November 2008 bei sehr feuchten Verhältnissen durchgeführt. Beprobte wurden die Baumstandorte 1, 2, 4, 5, 6, 11, 14, 18, 21, 22, 24, 30, 33 und 34 im Märzpark und 1, 5, 10, 11 und 12 im Schubertpark (siehe Anhang: 9.6. Lageskizzen der Parkanlagen, S.185). Parallel wurden Luft-, Wasser- und Bodentemperatur gemessen.

6. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN

6.1. Ergebnisse der Untersuchungen am Baum

6.1.1. Ergebnisse: Baumhöhe und Kronendurchmesser

6.1.1.a. Schubertpark

Die Bäume im Schubertpark wurden mit Ausnahme der drei *Malus spec.* Exemplare alle im Herbst 2005 gepflanzt. Von der Pflanzung bis zum Zeitpunkt der Aufnahmen im März 2009 erlebten sie demnach drei Vegetationsperioden in der Parkanlage. Die drei *Malus spec.* wurden erst 2008 nachgepflanzt. Deren Daten wurden deshalb zwar teilweise mit aufgenommen, können jedoch nicht im selben Ausmaß bewertet werden, da die Ergebnisse durch den Verpflanzungsstress noch nicht aussagekräftig genug sind.

Die gemessenen Baumhöhen im Schubertpark liegen, abgesehen von den drei *Malus spec.* Exemplaren, zwischen 6 und 8 m. Abb.74 stellt die Höhen der einzelnen Bäume, ergänzt durch Vergleichsdaten über die jeweilige Baumart, dar.

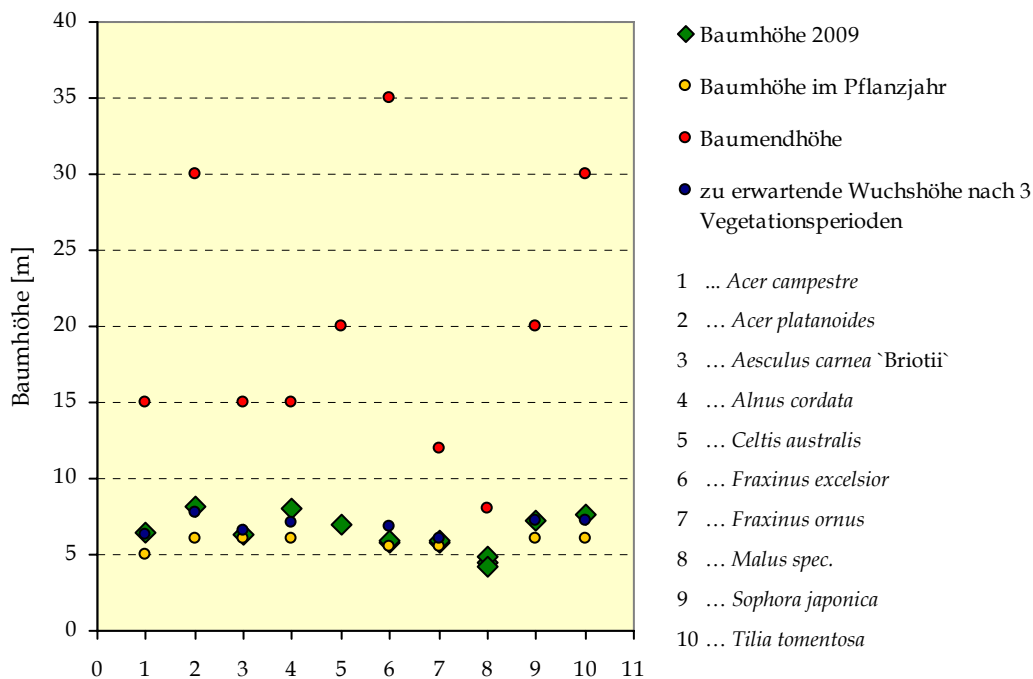


Abb.74: gemessene Baumhöhen 2009 der Bäume im Schubertpark im Vergleich zu Richtwerten über die Baumart: Baumendhöhe*: maximale Baumhöhe der Baumart / -sorte; Baumhöhe im Pflanzjahr; zu erwartende Wuchshöhe nach 3 Vegetationsperioden*: entspricht der Baumhöhe im Pflanzjahr ergänzt durch die jährlichen maximalen Höhenzuwächse nach 3 Vegetationsperioden für die jeweilige Baumart / -sorte;
*... Vergleichsdaten aus: GALK-Straßenbaumliste, 2006 und BRUNS, 2009;

Die aktuellen Baumhöhen im Schubertpark stimmen größtenteils mit den Vergleichswerten „zu erwartende Baumhöhe nach drei Vegetationsperioden“ überein.

Alnus cordata (4) konnte während der Standzeit sogar größere Zuwächse als erwartet verzeichnen. Nur *Fraxinus excelsior* (6) konnte kaum einen Höhenzuwachs erreichen.

Die gemessenen Kronendurchmesser im Schubertpark reichen von 1,8 bis 4,9 m. Auch für den Kronendurchmesser sind in Abb.75 die Daten der einzelnen Bäume sowie Vergleichsdaten über die Baumarten angeführt.

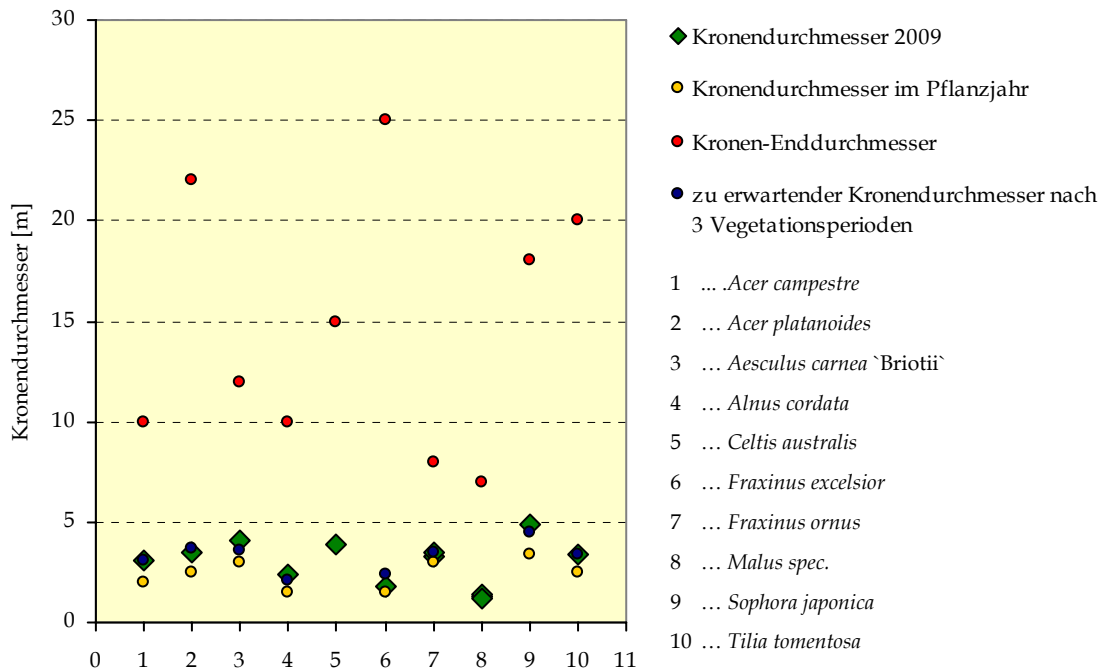


Abb.75: gemessene Kronendurchmesser 2009 der Bäume im Schubertpark im Vergleich zu Richtwerten über die Baumart: Kronen-Enddurchmesser: maximaler Kronendurchmesser der Baumart /-sorte*; Kronendurchmesser im Pflanzjahr; zu erwartender Kronendurchmesser nach 3 Vegetationsperioden*: entspricht dem Kronendurchmesser im Pflanzjahr ergänzt durch die jährlichen maximalen Zuwächse nach 3 Vegetationsperioden für die jeweilige Baumart / -sorte;

*... Vergleichsdaten aus: GALK-Straßenbaumliste, 2006 und BRUNS, 2009;

Den erwarteten Kronendurchmesserzuwachs hat *Aesculus carnea* (3) etwas überschritten. *Fraxinus excelsior* (6) zeigte analog zum unterdurchschnittlichen Höhenwachstum auch schlechteren Zuwachs des Kronendurchmessers.

6.1.1.b. Märzpark

Die Jungbäume im Märzpark wurden im Frühjahr 2006 gepflanzt. Bis zum Zeitpunkt der Baumaufnahmen erlebten sie demnach ebenso drei Vegetationsperioden im Park. Bei *Koelreuteria paniculata* handelt es sich um die Nachpflanzung einer im Herbst 2008 vom Sturm umgebrochenen Robinie. Deren Untersuchung wird auf die gleiche Weise wie die Neupflanzungen im Schubertpark gehandhabt.

Die Baumhöhen im Märzpark liegen zwischen 4,2 und 8,4 m.

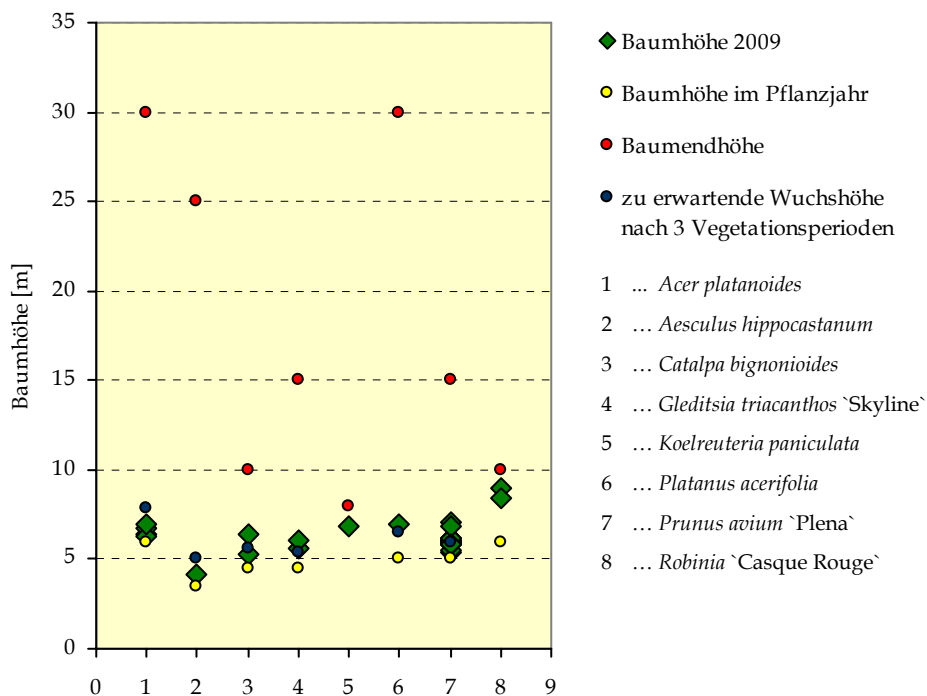


Abb.76: gemessene Baumhöhen 2009 der Bäume im Märzpark im Vergleich zu Richtwerten über die Baumart: Baumendhöhe*: maximale Baumhöhe der Baumart /-sorte; Baumhöhe im Pflanzjahr; zu erwartende Wuchshöhe nach 3 Vegetationsperioden*: entspricht der Baumhöhe im Pflanzjahr ergänzt durch die jährlichen maximalen Höhenzuwächse nach 3 Vegetationsperioden für die jeweilige Baumart /-sorte;

*... Vergleichsdaten aus: GALK-Straßenbaumliste, 2006 und BRUNS, 2009;

Hier wir das vermutete Höhenwachstum von *Catalpa bignonioides* (3), *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' (4), *Platanus acerifolia* (6) sowie ca. 2/3 der *Prunus avium* 'Plena' (7) Bäume erreicht. Die erreichten Baumhöhen von *Acer platanoides* (1) und *Aesculus hippocastanum* (2) liegen unter dem erwarteten Wert. Für *Robinia* 'Casque Rouge' (8) konnte kein Vergleichswert ermittelt werden.

Die ermittelten Kronendurchmesser im Märzpark liegen zwischen 2,1 m und 4,1 m. *Koelreuteria paniculata* stellt als Säulenform mit 0,8 m Baumbreite eine Ausnahme dar.

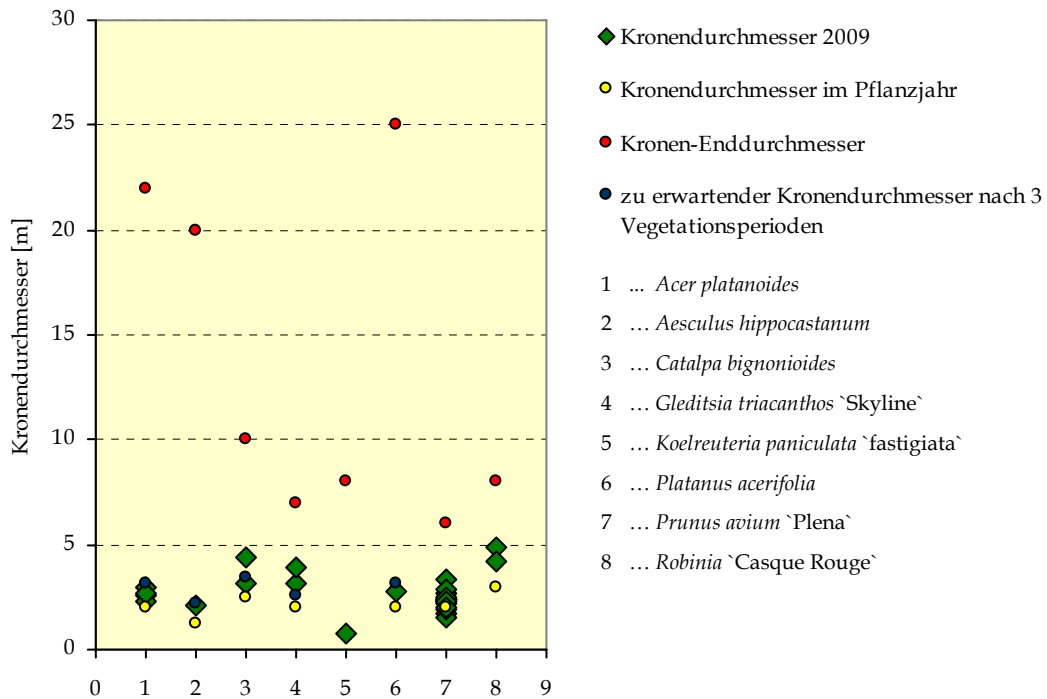


Abb.77: gemessene Kronendurchmesser 2009 der Bäume im Märzpark im Vergleich zu Richtwerten über die Baumart: Kronen-Enddurchmesser: maximaler Kronendurchmesser der Baumart /-sorte*; Kronendurchmesser im Pflanzjahr; zu erwartender Kronendurchmesser nach 3 Vegetationsperioden*: entspricht dem Kronendurchmesser im Pflanzjahr ergänzt durch die jährlichen maximalen Zuwächse nach 3 Vegetationsperioden für die jeweilige Baumart / -sorte; *... Vergleichsdaten aus: GALK-Straßenbaumliste, 2006 und BRUNS, 2009;

Auch was den Zuwachs des Kronendurchmessers betrifft konnte *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' (4) überdurchschnittliche Entwicklung verzeichnen. *Platanus acerifolia* (6) zeigte etwas schwächeren Zuwachs als erwartet. Das Wachstum der übrigen Arten entspricht der üblichen Entwicklung.

6.1.2. Ergebnisse: Stammumfang und -zuwachs seit der Pflanzung, Stammquotient

6.1.2.a. Schubertpark

Alnus cordata, *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior* und *Malus spec.* wurden mit einem Stammumfang (StU) von 18/20, *Celtis australis* mit einem StU von 20/25 und die übrigen Arten mit einem StU von 25/30 gepflanzt. Bis 2009 konnten *Tilia tomentosa*, *Aesculus carnea*, *Acer platanoides*, *Sophora japonica* und ein Exemplar von *Fraxinus ornus* deutliche Zuwächse erreichen, ihr Stammumfang lag zum Zeitpunkt der Aufnahmen bei über 40 cm. Auch bei *Celtis australis* konnte im Verhältnis zum ursprünglichen mit einem aktuellen StU von 36 cm ein guter Zuwachs festgestellt werden. Die übrigen Baumarten zeigten ein schwächeres Dickenwachstum. Auffällig ist vor allem *Fraxinus excelsior*, dessen StU sich seit der Pflanzung kaum verändert hat.

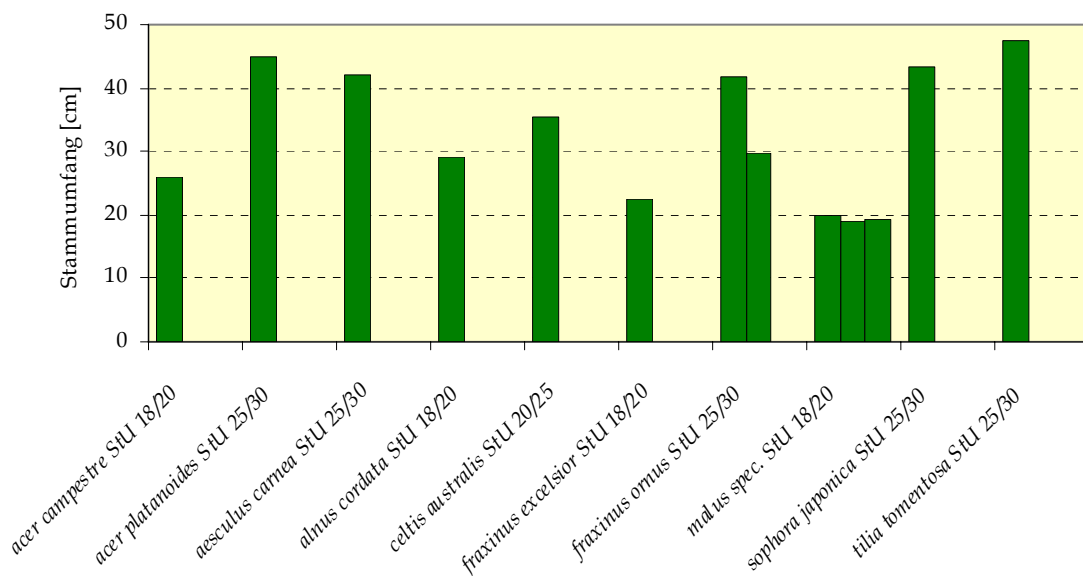


Abb.78: Stammumfang der Bäume im Schubertpark 2009, gemessen in 1 m Höhe, neben der Baumart ist der StU bei der Pflanzung dargestellt;

Dieses Wachstum entspricht den, wie in Abb.79 folgt, durchschnittlichen jährlichen Zuwächsen des Stammumfangs.

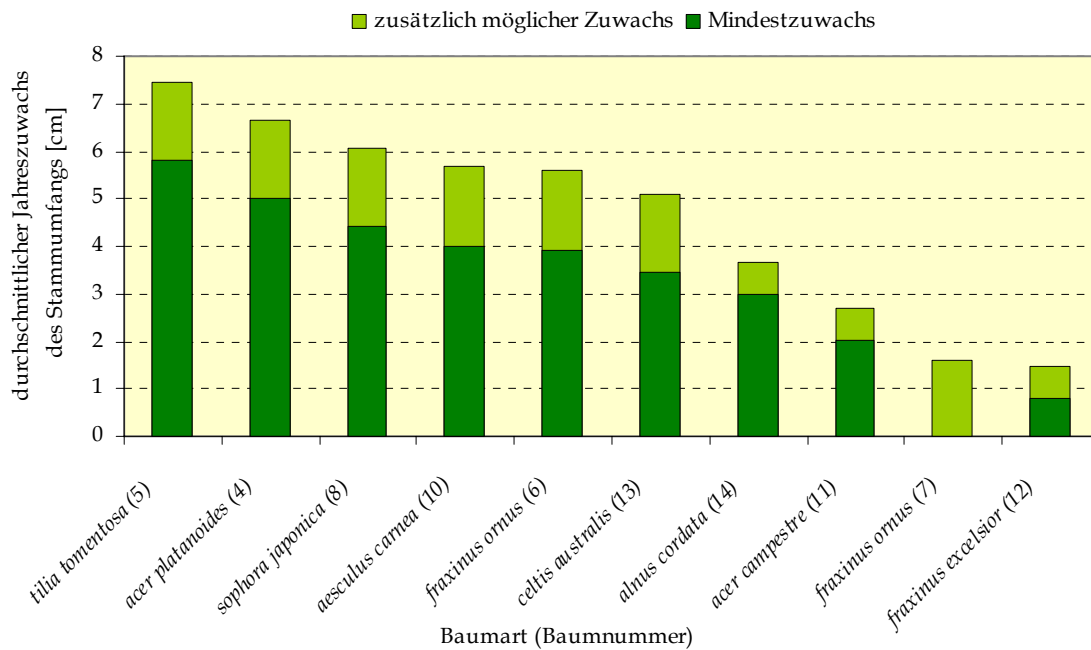


Abb.79: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs des Stammumfangs der Bäume im Schubertpark in einem Meter Höhe von 2005 bis 2009; Mindest- und zusätzlich möglicher Zuwachs ergeben sich durch die Klassifizierung der Bäume nach dem Stammumfang (z.B.: 25/30....von 25 bis 30 cm Stammumfang) zum Zeitpunkt der Pflanzung;

Der Stammquotient aus 1 und 2 m Höhe von Hochstämmen kann bis $\geq 0,9$ als sehr gut bezeichnet werden, ab $\leq 0,7$ wird von einem schlechten Stammquotienten gesprochen.

Die Bäume im Schubertpark wurden zur Übersicht der Ergebnisse in Kategorien nach dem Stammquotienten eingeteilt. Zwei Bäume, deren Kronenansatz unterhalb von 2 m liegt, wurden bei der Messung nicht berücksichtigt.

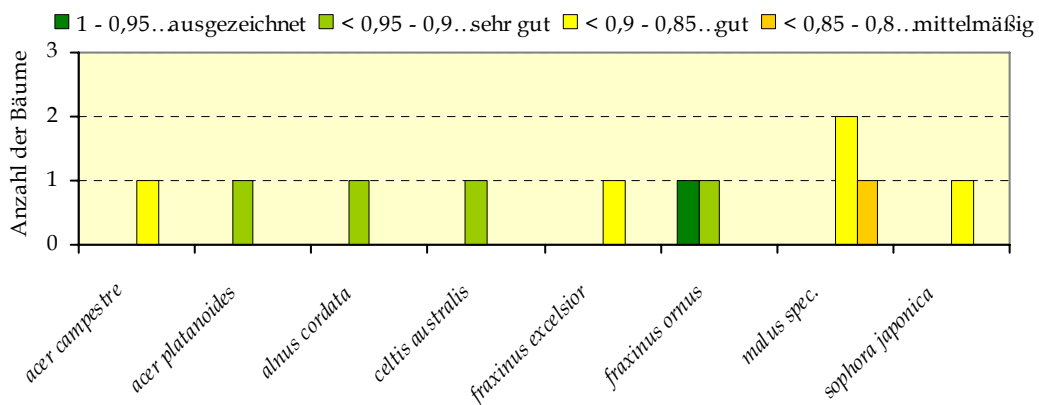


Abb.80: Verteilung der Stammquotienten der Bäume im Schubertpark (2009)

Der Stammquotient von 5 Bäumen im Schubertpark fällt in die Kategorie gut, mit einem Quotienten von $< 0,9$ bis $0,85$. 4 Bäume zeigen einen sehr guten Stammquotienten von $< 0,95$ bis $0,9$. Nur ein *Malus spec.* Baum hat einen mittelmäßigen Stammquotienten von weniger als $0,85$. Ein Exemplar von *Fraxinus ornus* erreicht mit $0,95$ einen ausgezeichneten Stammquotienten.

6.1.2.b. Märzpark

Im Märzpark wurden alle *Prunus avium* Bäume mit einem Stammumfang von 20/25, die übrigen Arten mit einem StU von 18/20 gepflanzt. Wie aus Abb.75 ersichtlich zeigten im Märzpark *Robinia* `Casque Rouge` und *Catalpa bignonioides* während ihrer Standzeit ein starkes Dickenwachstum. Auch *Acer platanoides* hatte mit ca. 10 cm Umfangzuwachs während der Standzeit eine merkbare Querschnittsvergrößerung des Stammes. *Aesculus hippocastanum*, *Gleditsia triacanthos* und *Platanus acerifolia* konnten mit wenigen cm Umfangzuwachs nur ein schwaches Dickenwachstum erreichen.

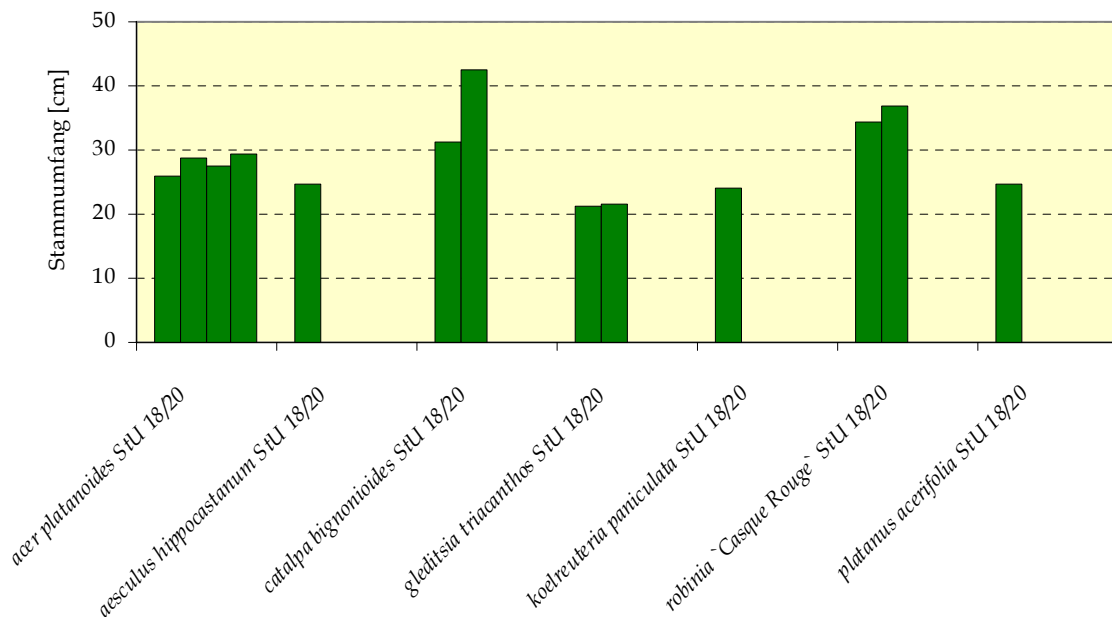


Abb.81: Stammumfänge der Bäume im Märzpark 2009, gemessen in einem Meter Höhe, neben der Baumart ist der StU bei der Pflanzung dargestellt;

4 der 16 *Prunus avium* Bäume im Märzpark konnten während ihrer Standzeit einen guten Stammzuwachs erreichen. Der Zuwachs der übrigen Kirsch-Bäume beschränkt sich auf wenige Zentimeter.

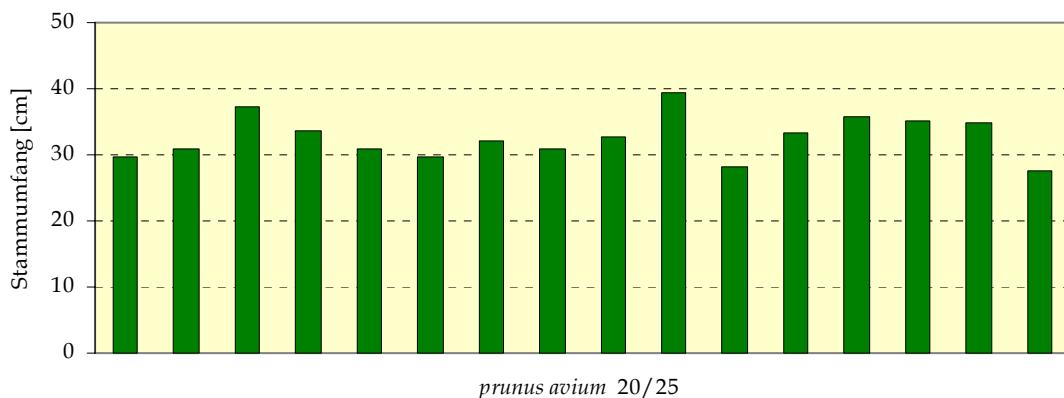


Abb.82: Stammumfänge der *Prunus avium* Bäume im Märzpark 2009, gemessen in einem Meter Höhe; die Bäume hatten bei der Pflanzung einen StU von 20/25;

Diese Stammzuwächse entsprechen den in den folgenden zwei Diagrammen dargestellten jährlichen durchschnittlichen Zuwächsen des Stammumfangs.

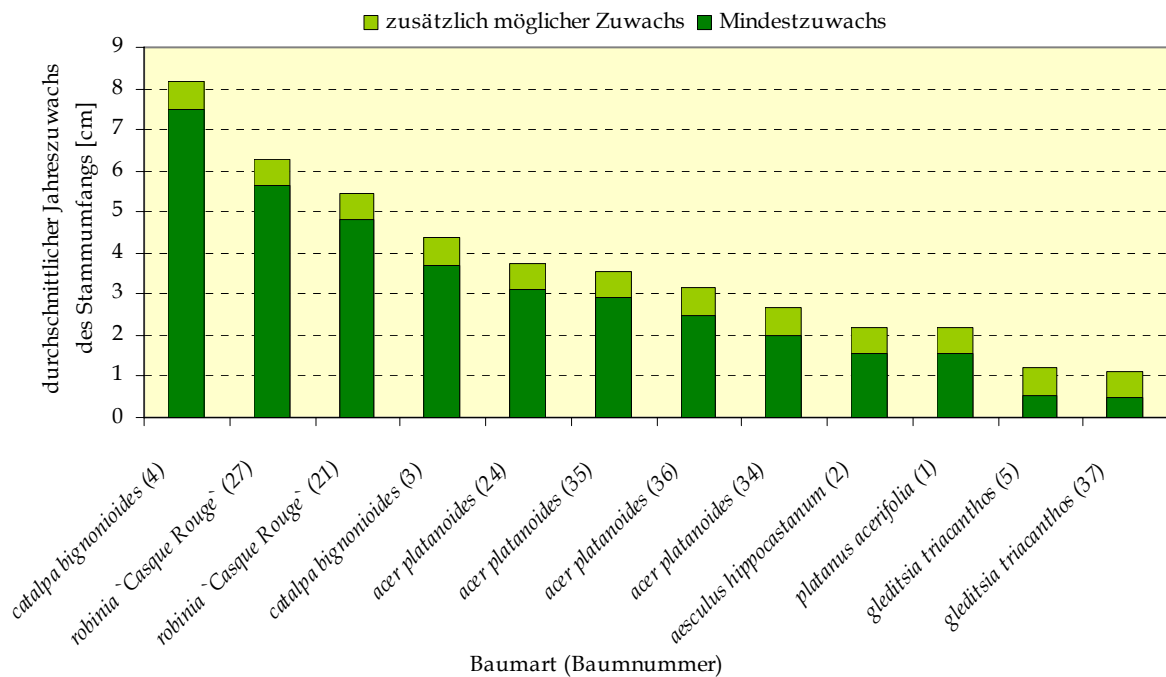


Abb.83: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs des Stammumfangs der Bäume im Märzpark in einem Meter Höhe von 2006 bis 2009; Mindest- und zusätzlich möglicher Zuwachs ergeben sich durch die Klassifizierung der Bäume nach dem Stammumfang (z.B.: 25/30....von 25 bis 30 cm Stammumfang) zum Zeitpunkt der Pflanzung;

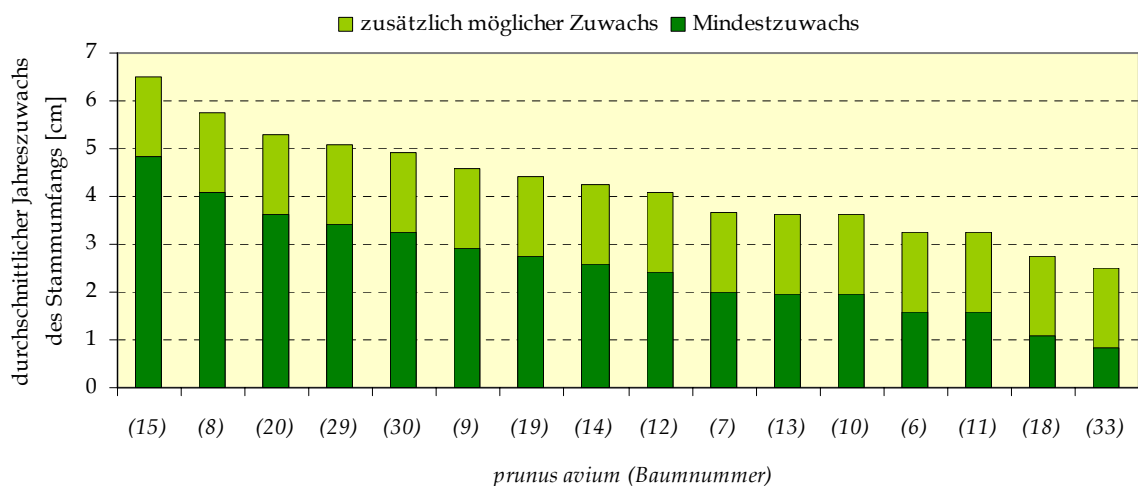


Abb.84: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs des Stammumfangs der *Prunus avium* Bäume im Märzpark in einem Meter Höhe von 2006 bis 2009; Mindest- und zusätzlich möglicher Zuwachs ergeben sich durch die Klassifizierung der Bäume nach dem Stammumfang (z.B.: 25/30....von 25 bis 30 cm Stammumfang) zum Zeitpunkt der Pflanzung;

Im Märzpark kommen nur Bäume mit Stammquotienten der Kategorien ausgezeichnet, sehr gut und gut vor.

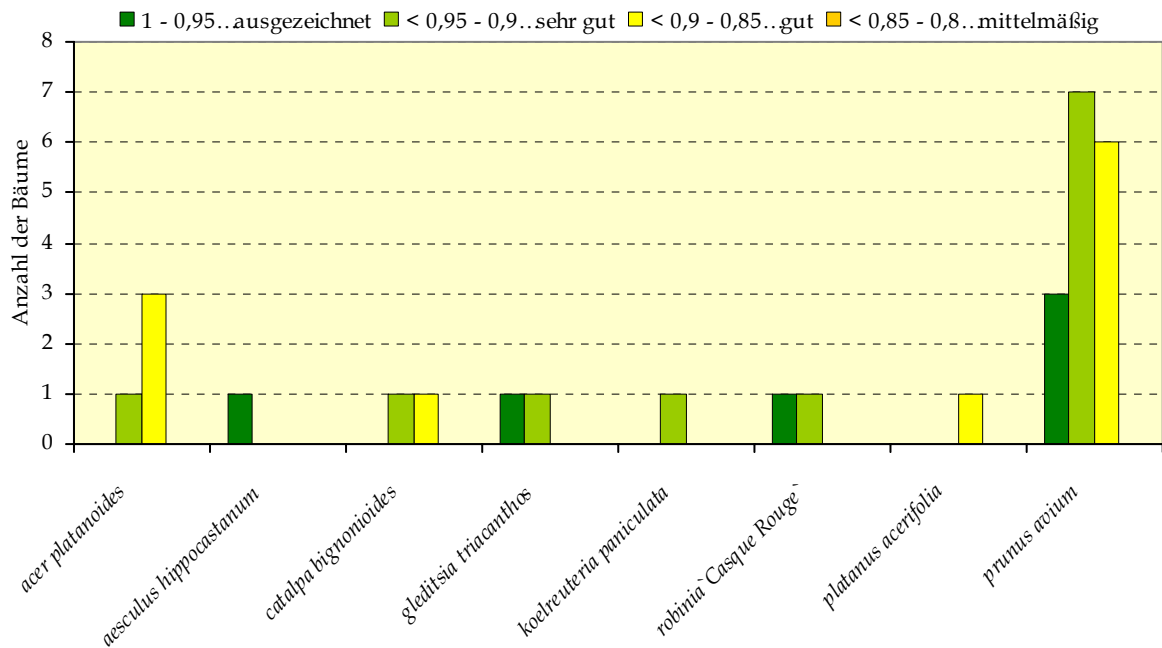


Abb.85: Verteilung der Stammquotienten der Bäume im Märzpark (2009)

Davon weisen 6 Bäume einen ausgezeichneten Quotienten von 1 bis 0,95, 12 einen sehr guten Quotienten von < 0,95 bis 0,9 und 11 einen guten Stammquotienten von < 0,9 bis 0,85 auf. Die Kategorie „mittelmäßig“ kommt im Märzpark nicht vor.

6.1.3. Ergebnisse: Triebblängenmessungen

6.1.3.1. Jahrestriebblängen der letzten Vegetationsperiode

6.1.3.1.a. Schubertpark

In Abb.86 sind durch die grünen Balken die durchschnittlichen Jahrestriebblängen der einzelnen Bäume im Schubertpark dargestellt. Die gelben Balken entsprechen Richtwerten für den „normalen“ Höhenzuwachs der einzelnen Baumarten aus dem Baumschulkatalog BRUNS 2009/2010 und sollen somit einen Vergleich ermöglichen. Dieser Vergleich kann zwar nicht vollständig gleichgesetzt werden, die Richtwerte bieten jedoch ungefähre baumartenbezogene Wachstumsraten.

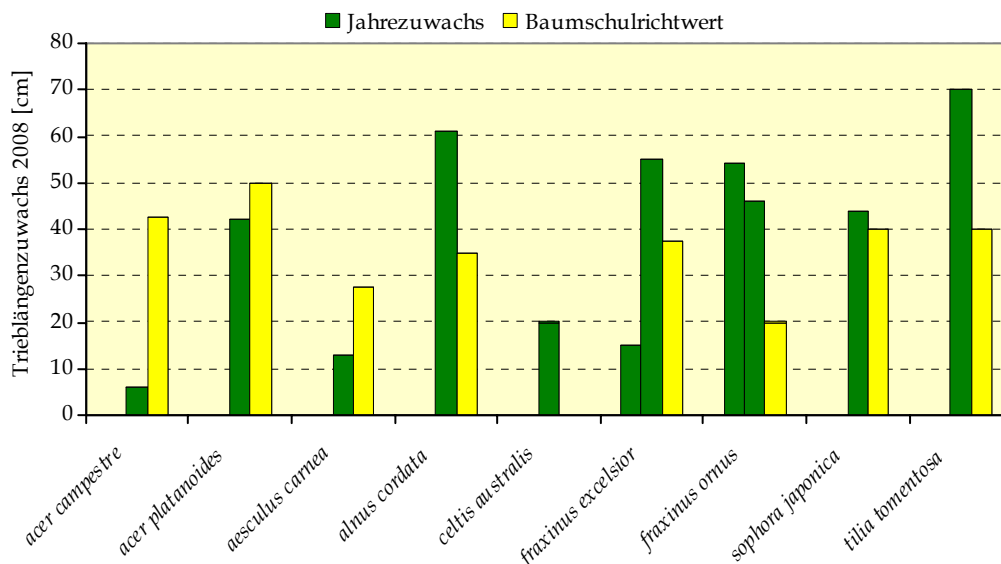


Abb.86: Gemittelter Triebblängenzuwachs 2008 der Bäume im Schubertpark, im Vergleich zu dementsprechenden Richtwerten aus BRUNS (2009)

Der Vergleich zeigt sehr unterschiedliche Ergebnisse für die einzelnen Baumarten. Nur *Sophora japonica* und *Acer platanoides* sind den Richtwerten der Baumschule angenähert, die übrigen liegen entweder weit unterhalb oder oberhalb dieser. Den geringsten Zuwachs, mit durchschnittlich nur 6 cm Triebblänge erreichte *Acer campestre*, wobei der Richtwert für diese Art nahezu siebenmal höher ist. *Aesculus carnea* wies vergangene Vegetationsperiode nur etwa die Hälfte des zu erwartenden Längenzuwachses auf. *Tilia tomentosa* sowie *Alnus cordata* übertrafen mit einem durchschnittlichen Triebwachstum von über 60 cm die Richtwerte der Baumschule wiederum bei weitem. Auch die beiden *Fraxinus ornus* Exemplare wuchsen mit durchschnittlich 46 und 54 cm beträchtlich stärker als die angegebenen 20 cm pro Jahr. Die zwei *Fraxinus excelsior* Bäume zeigten sehr unterschiedliche Zuwächse, während ein Baum mit 15 cm weit unter dem Richtwert von 37 cm liegt, übertrifft der andere diesen um beinahe 20 cm.

6.1.3.1.b. Märzpark

Für die Triebzuwächse der Bäume im Märzpark wurden zwei Diagramme erstellt, Abb.87 für die am häufigsten vorkommende Baumart *Prunus avium* und Abb. 88 für die übrigen, vereinzelt vorkommenden Arten.

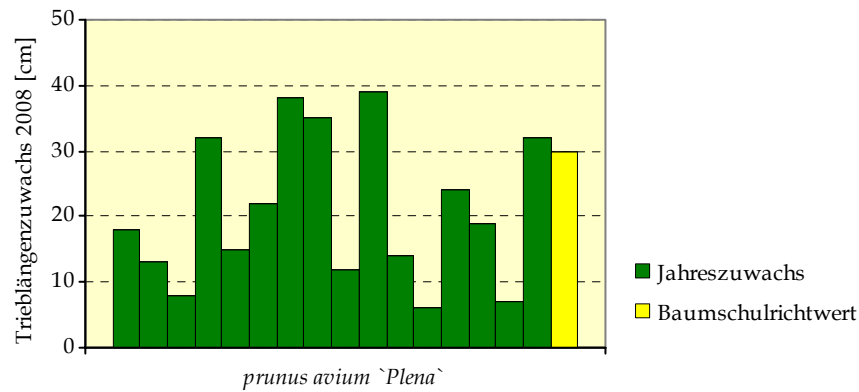


Abb.87: Gemittelter Trieb­längen­zu­wachs 2008 der *Prunus avium* Bäume im Märzpark, im Vergleich zum dementsprechenden Richtwert aus BRUNS (2009)

Die *Prunus avium* Bäume im Märzpark zeigten vergangene Vegetationsperiode mit Ausnahme von fünf Exemplaren eher schlechte Zuwächse. Vier Bäume dieser Art erreichten zumindest rund zwei Drittel des vorgegebenen Richtwerts. Die verbleibenden sieben Jungbäume verzeichneten mit Jahreszuwächsen von 6 bis 14 cm sehr schlechte Ergebnisse.

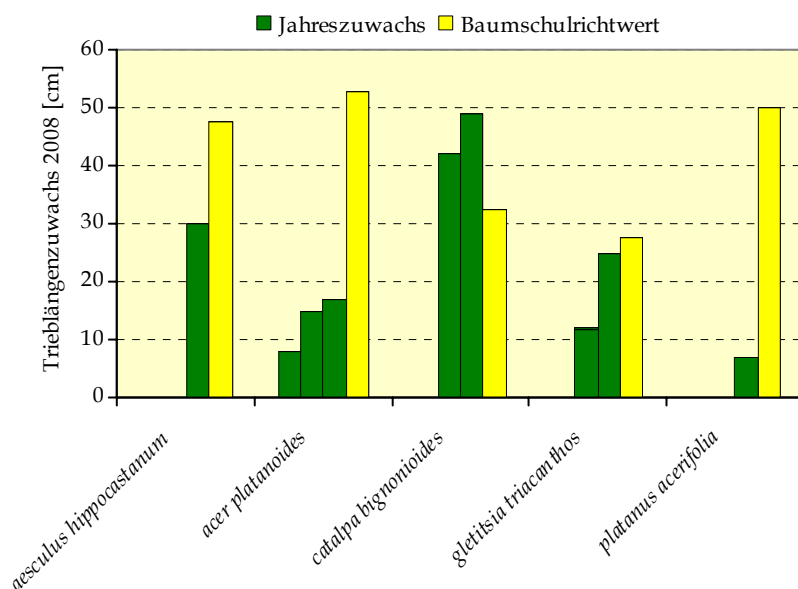


Abb.88: Gemittelter Trieb­längen­zu­wachs 2008 der Bäume im Märzpark, im Vergleich zu dementsprechenden Richtwerten aus BRUNS (2009)

Auch die übrigen Bäume im Märzpark zeigten mit Ausnahme von *Catalpa bignonioides* und einem Exemplar von *Gleditsia triacanthos* während der letzten Vegetationsperiode eher schlechtere Zuwächse als erwartet. Besonders schlechte Jahreszuwächse wurden von *Acer platanoides* und *Platanus acerifolia* erreicht.

6.1.3.2. Entwicklung der Triebblängen seit der Pflanzung

6.1.3.2.a. Schubertpark

Im Schubertpark war es, bedingt durch die Größe der Bäume, nicht möglich mit der genannten Methode die Entwicklung repräsentativer Triebe zu messen. Da hier aufwendigere Mittel erforderlich gewesen wären um die Äste zu erreichen, wurde auf die Daten der Entwicklung der Triebblängen seit der Pflanzung im Schubertpark verzichtet.

6.1.3.2.b. Märzpark

Im Märzpark waren die Triebbasisnarben der Äste bis zum Jahr 2005 bei den meisten Bäumen gut erkennbar. Nur von *Robinia* 'Casque Rouge' und *Acer platanoides* konnte die Triebblängenentwicklung nicht aufgenommen werden.

Aesculus hippocastanum

Die Rosskastanie im Märzpark erreichte in der Baumschule einen Triebzuwachs von über 60 cm. Im Jahr der Verpflanzung 2006 sank der Zuwachs dann auf 40 cm ab. Auch ein Jahr später machte sich, mit Triebblängen von ca. 20 cm, der Verpflanzungsschock noch bemerkbar. Für 2008 ist jedoch wieder ein Anstieg der Triebblängen auf ca. 30 cm zu erkennen.

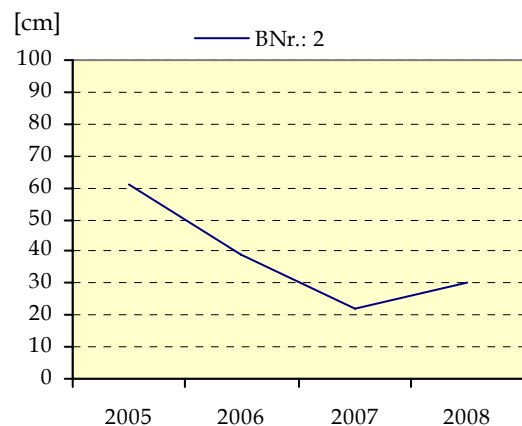


Abb.89: Triebblängenentwicklung von *Aesculus hippocastanum* von 2005 bis 2008

Catalpa bignonioides

Die beiden *Catalpa bignonioides* Bäume kamen aus der Baumschule mit einem beachtlichen Triebzuwachs von über 60 cm im Jahr 2005. Im Jahr der Verpflanzung 2006 kann man sehr schön den Einbruch des Triebblängenwachstums von beiden Bäumen erkennen. Bei Baum Nummer 3 stieg das Triebwachstum im darauf folgenden Jahr nahezu wieder auf den „Baumschulwert“ an und fiel dann 2008 mit 42 cm wieder etwas ab.

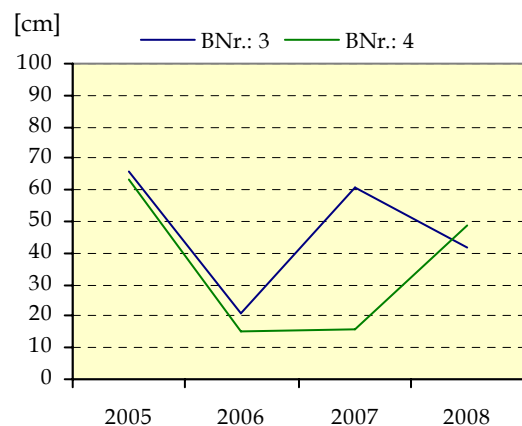


Abb.90: Triebblängenentwicklung von *Catalpa bignonioides* von 2005 bis 2008

Das Triebwachstum von Baum Nummer 4 stagnierte nach der Pflanzung noch ein Jahr länger bei ca. 15 cm, diesen Baum hat also die Verpflanzung mehr zugesetzt. In der Vegetationsperiode 2008 wurden aber wieder Triebzuwächse von 50 cm erreicht.

Gleditsia triacanthos

Die beiden Gleditschien im Märzpark zeigen eine sehr ähnliche Entwicklung der Trieb­längen seit der Pflanzung. Mit Werten aus der Baumschule im Jahr 2005 von 60 - 70 cm und stetigem Abfall des Trieb­längen­zu­wachses bis 25 - 30 cm im Jahr 2008.

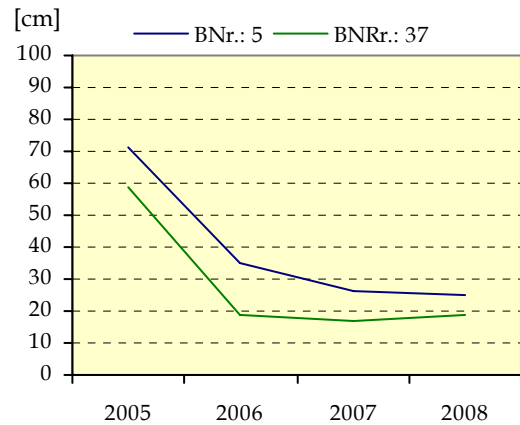


Abb.91: Trieb­längen­ent­wick­lung von *Gleditsia triacanthos* von 2005 bis 2008

Prunus avium

Bei den *Prunus avium* Bäumen im Märzpark zeigen sich zwei unterschiedliche Trends.

Bei 3 Jungbäumen sinkt das Triebwachstum im Jahr der Pflanzung 2006 mehr oder weniger stark ab, wobei Baum Nummer 6 nur 10 cm Zuwachs aufweist. Im folgenden Jahr 2007 sinkt das Triebwachstum weiter, wobei 2 Bäume nur noch weniger als 10 cm Jahreszuwachs erreichen. 2008 steigt das Triebwachstum allerdings wieder an (siehe Abb. 92).

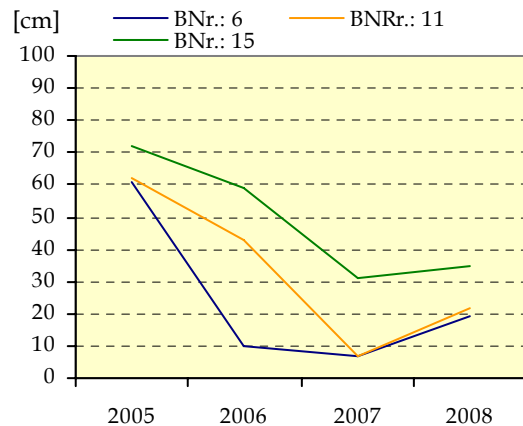


Abb.92: Trieb­längen­ent­wick­lung von *Prunus avium* (BNr.:6, 11, 15) von 2005 bis 2008

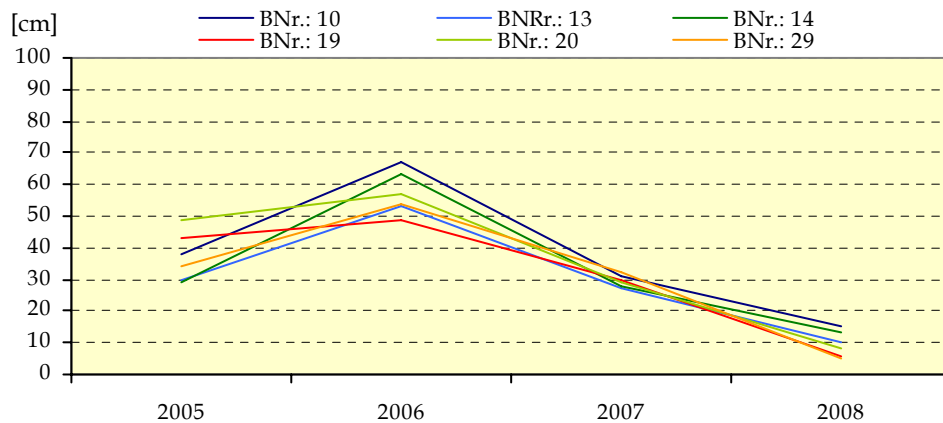


Abb.93: Trieb­längen­ent­wick­lung von *Prunus avium* (BNr.: 10, 13, 14, 19, 20, 29) von 2005 bis 2008

Dem zweiten Trend folgen 6 Vogelkirschen. Interessanterweise erreichen sie im Jahr der Verpflanzung ihre Zuwachsspitzen von über 50 cm Triebblängen. Ab 2007 fällt das Triebblängenwachstum aber auf ca. 30 cm Jahreszuwachs ab und erreicht 2008 gar nur noch Werte zwischen 5 und 16 cm (siehe Abb.93).

Die verbleibenden drei *Prunus avium* folgen keinem der beiden Trends.
(siehe Abb.94)

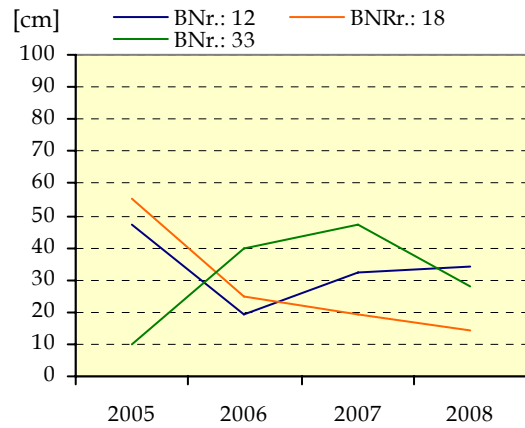


Abb.94: Triebblängenentwicklung von *Prunus avium* (BNr.: 12, 18, 33) von 2005 bis 2008

6.1.4. Ergebnisse: Kronenzustandsstufen nach BRAUN

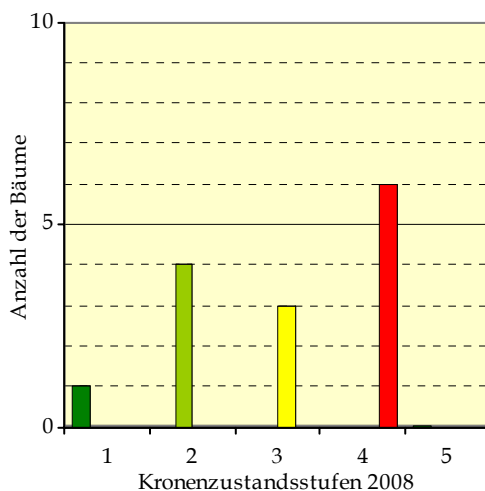
6.1.4.a. Schubertpark

Im Schubertpark kommen Bäume mit den Kronenzustandsstufen von 1 bis 4 vor. Als Beispiel für die Bewertung dient Abbildung 95.



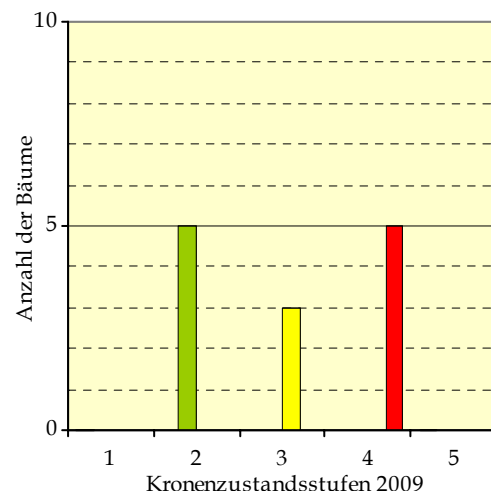
Abb.95: Beispiele zur Bewertung der Kronenzustandsstufen aus dem Schubertpark, 2009:
von links nach rechts: *Tilia tomentosa*, *Acer platanoides*, *Alnus cordata*, *Malus spec.*;

Die Kronenzustandserhebung im Schubertpark während der Vegetationsperiode 2008 zeigte kein besonders gutes Ergebnis. 9 von 14, also über 60% der 2005 gepflanzten Bäume sind den Stufen 3 und 4 zuzuordnen. Die Vegetationsperiode 2009 musste noch schlechter eingestuft werden, Kronenzustandsstufe 1 kommt gar nicht mehr vor, ein Baum wurde bereits entfernt.



links:

Abb.96: Kronenzustandsstufen der Bäume im Schubertpark während der Vegetationperiode 2008



rechts:

Abb.97: Kronenzustandsstufen der Bäume im Schubertpark während der Vegetationperiode 2009

Die Artenverteilung der Kronenzustandsstufen zeigt ein besonders schlechtes Ergebnis für die *Malus spec.*: alle 3 Exemplare mussten 2008 mit Kronenzustandsstufe (Kzst.) 4 bewertet werden. Dieses Ergebnis ist jedoch nur bedingt aussagekräftig, da die Bäume erst im Jahr 2008 nachgepflanzt wurden und demnach noch entsprechend geschwächt sind. 2009 musste einer dieser Jungbäume jedoch bereits entfernt werden. Ob sich die verbleibenden zwei Bäume vom Verpflanzungsschock erholen und gut anwachsen, wird sich erst in den folgenden Jahren zeigen.

Auch *Acer campestre*, *Aesculus carnea* und *Fraxinus excelsior* kommen sowohl 2008 als auch 2009 in der Kzst. 4 vor. Diese drei Baumarten sind nach der GALK-Straßenbaumliste empfindlich gegenüber Bodenverdichtungen und hohen Versiegelungsgrad.

Acer campestre und *Fraxinus excelsior* wurden im Schubertpark inmitten des Kinderspielplatzes in wassergebundener Decke gepflanzt. Der Wurzelraum wird demnach oft betreten und ist auch einseitig, ca. 150 cm vom Stamm entfernt, versiegelt. Hier sind die Gründe für die schlechten Kronenzustandsstufen vermutlich die falschen Baumarten für diesen Standort. Für *Aesculus carnea*, welche innerhalb einer Vegetationsfläche gepflanzt wurde ist der Grund für die spärliche Belaubung weniger offensichtlich.

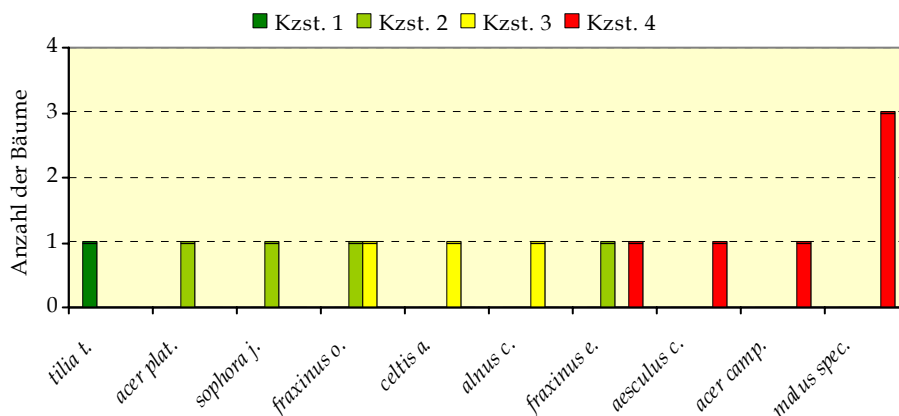


Abb.98: Artenverteilung der Kronenzustandsstufen der Bäume im Schubertpark während der Vegetationsperiode 2008

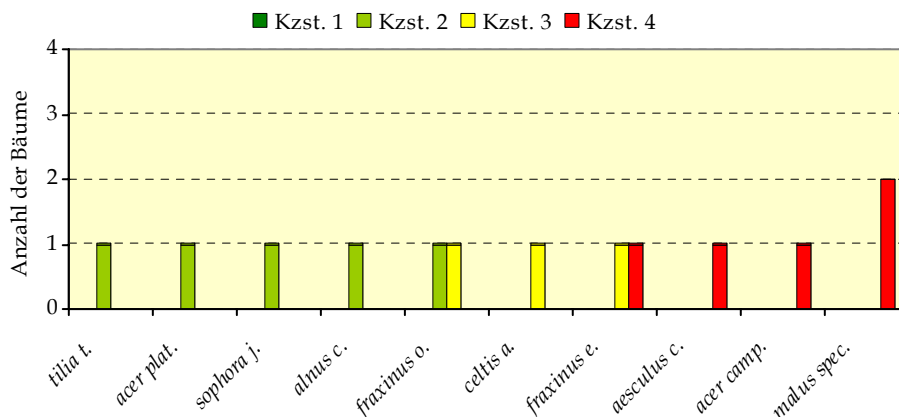


Abb.99: Artenverteilung der Kronenzustandsstufen der Bäume im Schubertpark während der Vegetationsperiode 2009

6.1.4.b. Märzpark

Im Märzpark kommen Bäume mit den Kronenzustandsstufen von 1 bis 5 vor. Auch hier sollen Abbildungen von Bäumen aus dem Märzpark das Bewertungssystem veranschaulichen.

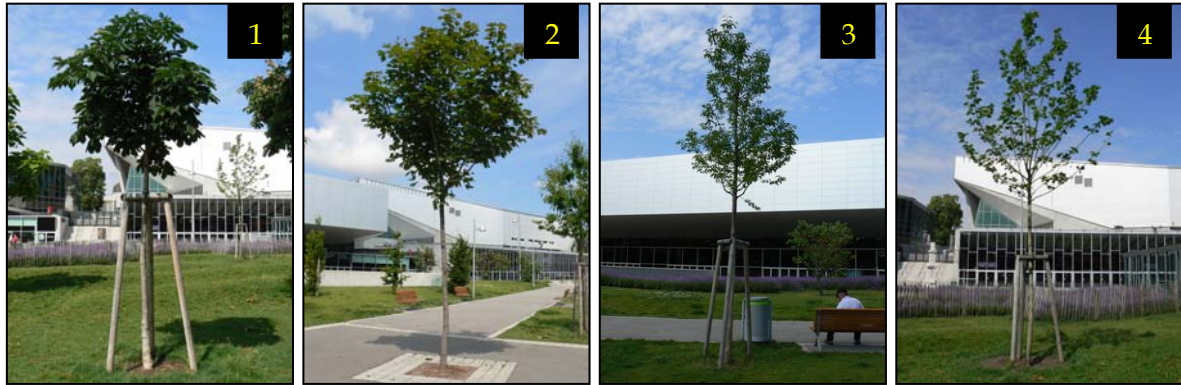
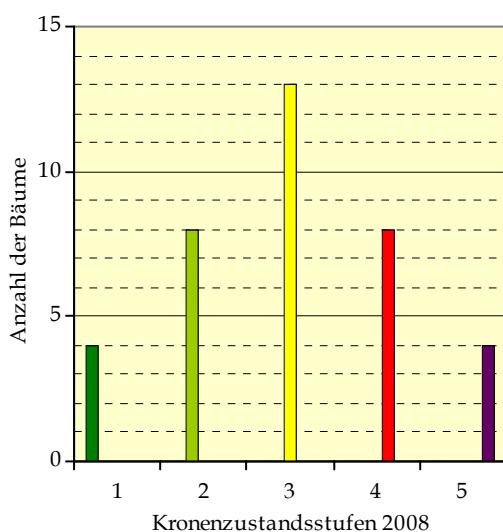


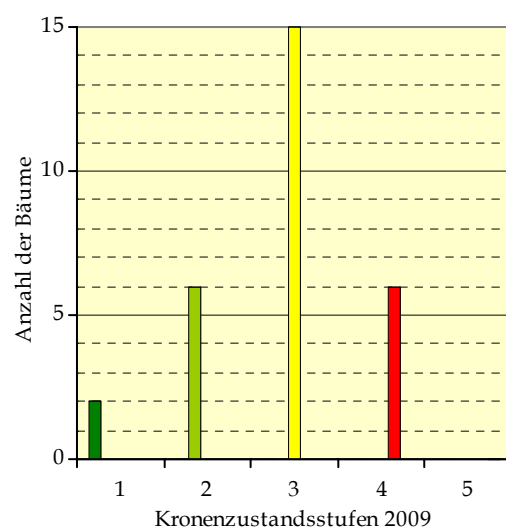
Abb.100: Beispiele zur Bewertung der Kronenzustandsstufen aus dem Märzpark, 2009: von links nach rechts: *Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Prunus avium*, *Platanus acerifolia*; rechts unten: *Prunus avium*;

Im Märzpark wurden während der Vegetationsperiode 2008 21 von 37 der 2006 gepflanzten Bäume mit den Kronenzustandsstufen 3 - 4 bewertet, das entspricht ca. 57 %. Bis zur Vegetationsperiode 2009 wurden die vier abgestorbenen *Prunus avium* Bäume, sowie vier vom Sturm gebrochene Robinien entfernt. 2009 wurden 21 der verbleibenden 29 Jungbäume mit den Kronenzustandsstufen 3 und 4 bewertet.



links:

Abb.101: Kronenzustandsstufen der Bäume im Märzpark während der Vegetationsperiode 2008



rechts:

Abb.102: Kronenzustandsstufen der Bäume im Märzpark während der Vegetationsperiode 2009

Die Artenverteilung der Kronenzustandsstufen im Märzpark zeigt, dass der Zustand der Bäume stark von der Baumart abhängig ist. Während sich *Robinia* 'Casque Rouge', *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum* und *Gleditsia triacanthos* im Märzpark sichtlich wohl fühlen, sieht die Bilanz für die weiteren Arten schlechter aus. Besonders der schlechte Zustand der 20 *Prunus avium* Bäume fällt auf, von welchen, während der Vegetationsperiode 2008, 19 den Kronenzustandsstufen 3 - 5 entsprachen. Das Ergebnis 2009 fiel ähnlich aus, wobei sich der Zustand eines Baumes etwas gebessert und der eines weiteren Baumes etwas verschlechtert hat, sodass alle verbleibenden 16 Bäume den Stufen 3 und 4 zugeordnet wurden. Dieses Ergebnis gibt Grund zur Annahme, dass die Baumart ein schwerwiegendes Problem mit dem Standort hat. Auch der schlechte Zustand von *Platanus acerifolia* hat sich innerhalb eines Jahres nicht gebessert. Zur Robinie sei angemerkt, dass ursprünglich 17 Exemplare gepflanzt wurden, bis 2009 sind 15 davon durch Windbruch umgekommen. Diese Baumart kommt, nach den guten Kronenzustandsstufen zu urteilen, zwar gut mit den klimatischen Gegebenheiten und Bodenbedingungen im Märzpark zurecht, ist jedoch aufgrund der Bruchgefährdung ungeeignet.

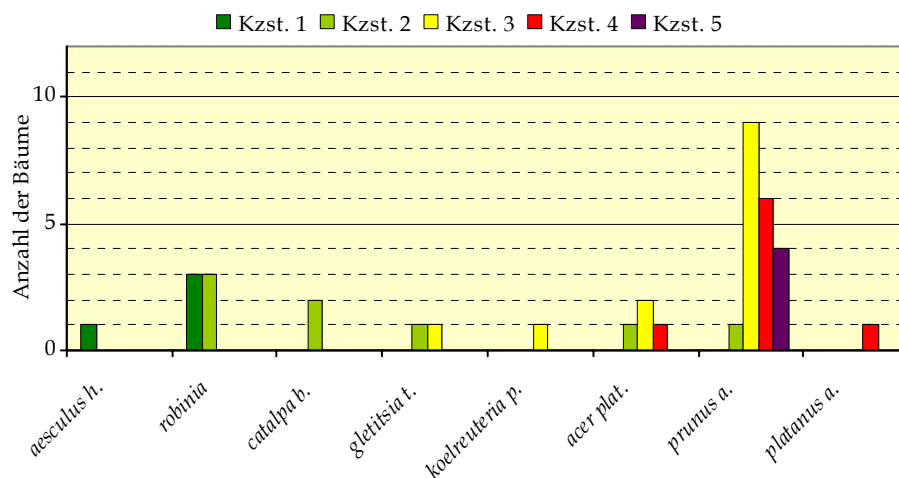


Abb.103: Artenverteilung der Kronenzustandsstufen der Bäume im Märzpark während der Vegetationsperiode 2008

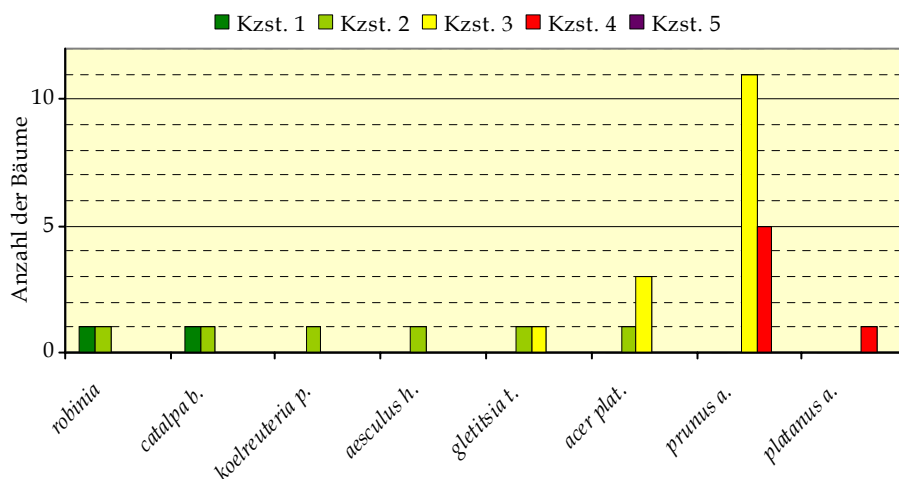


Abb.104: Artenverteilung der Kronenzustandsstufen der Bäume im Märzpark während der Vegetationsperiode 2009

6.1.5. Ergebnisse: Baumschäden

6.1.5.a. Schubertpark

Im Schubertpark kommen als häufigste Schäden Rindenverletzungen verursacht durch Vandalismus vor, insgesamt sind 8 von 14 Bäumen davon betroffen. Die Einritzungen sind teilweise so tief, dass das Kambium und in weiterer Folge lokal die Rinde abgestorben ist. An vier Bäumen wurden Rindenrisse festgestellt, die meist durch starke Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht entstehen. Drei Bäume weisen Einschnürungen durch frühere unsachgemäße Baumstützungen auf. Aufastungen wurden zumeist rechtzeitig durchgeführt, nur an zwei Bäumen wurden Astungswunden von problematischer Größe festgestellt. Größere Astabrisse verursachten Schäden an zwei Bäumen. Von den beiden sonstigen mechanischen Schäden entstand einer durch einen Schnurmäher. Wurzelschäden durch Betreten des Wurzelbereichs und/oder Rasenmäher wurden nur an einem Baum erkannt. An einem der Bäume im Schubertpark wurden alte Einbohrlöcher von Insekten gefunden.

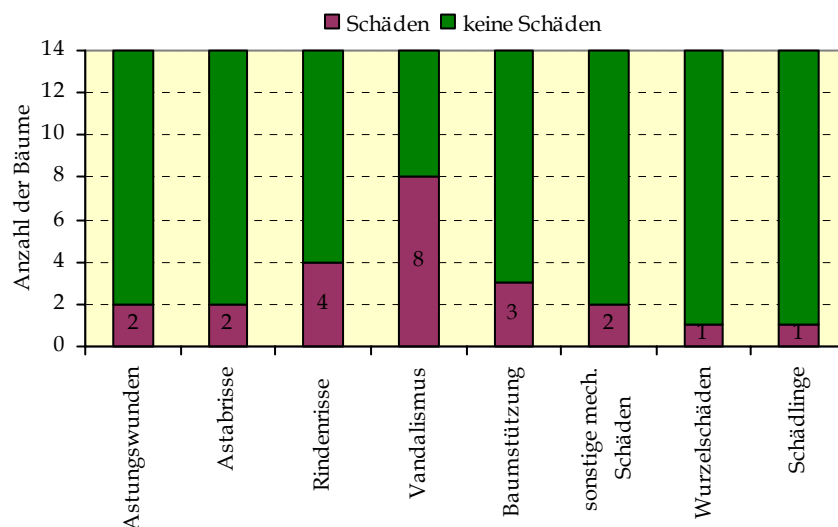


Abb.105: Ursachen und Anzahl der Schäden an den Bäumen im Schubertpark, 2009



Abb.106: Beispiele für Schäden an Bäumen im Schubertpark, 2009: von links nach rechts: Astabrisse am Stamm an *Fraxinus excelsior*, von ca. 7 cm Durchmesser; Verletzung am Stamm an *Malus spec.* durch alte Baumstützung; Frostschaden an *Acer platanooides*; Rindeneinschnitte an *Acer campestre* durch Vandalismus;

6.1.5.b. Märzpark

Im Märzpark sind die am häufigsten gezählten Schäden Wurzelverletzungen verursacht durch Betreten des Wurzelraumes oder durch Rasenmäher. Größere Astabrisse kommen an fünf Bäumen vor. Auch im Märzpark wurden die Jungbäume meist rechtzeitig aufgeastet, 4 von 29 Bäumen weisen problematische Schnittwunden auf. Die 4 sonstigen mechanischen Schäden im Märzpark bestehen aus teils schwerwiegenden Rindenverletzungen im Stammfußbereich verursacht durch Schnurmäher. Die an zwei Bäumen festgestellten Rindenrisse kamen durch zu starke Sonneneinstrahlung an den exponierten Stammflächen zustande. Im Märzpark ist die Häufigkeit von Rindenverletzungen durch Vandalismus mit zwei betroffenen Bäumen im Vergleich zum Schubertpark zwar sehr gering, die Intensität dieser Verletzungen ist jedoch enorm. Schäden durch unsachgemäße Baumstützung und Schädlinge kommen im Märzpark nicht vor.

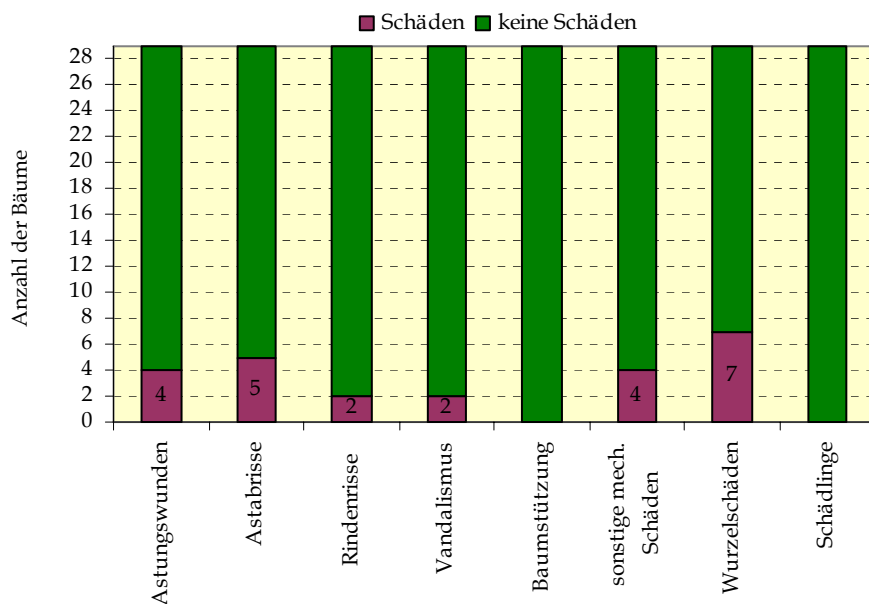


Abb.107: Ursachen und Anzahl der Schäden an den Bäumen im Märzpark, 2009



Abb.108: Beispiele für Schäden an Bäumen im Märzpark, 2009: von links nach rechts: bis ins Holz reichende Wunde am Stamm von *Gleditsia triacanthos* durch Vandalismus; flächig absterbende Rinde am Stammfuß, Verletzung durch Schnurmäher an *Prunus avium*; Astabrisse und Astungswunde am Stamm von *Prunus avium*; Wurzelverletzungen durch Betreten/Rasenmäher an *Acer platanoides*;

6.2. Ergebnisse der Untersuchung des Baumumfeldes

6.2.1. Ergebnisse: Versiegelung

6.2.1.a. Schubertpark

Im Schubertpark sind alle Bäume in mehr oder weniger große Vegetationsflächen eingebettet, offene Baumscheiben sind hier keine vorhanden. Je nach der Standort-situation und der Endgröße der Bäume ergeben sich unterschiedliche Versiegelungs-grade. Etwa die Hälfte der Bäume ist zu 21 – 40% ihrer Kronenprojektion versiegelt. Ein Baum ist mit einer Umfeldbefestigung von 81 – 100% sehr stark versiegelt. Auf die weiteren Versiegelungskategorien entfallen jeweils zwei Bäume.



Abb.109: *Malus spec.* innerhalb der Vegetationsfläche im Schubertpark, 2009

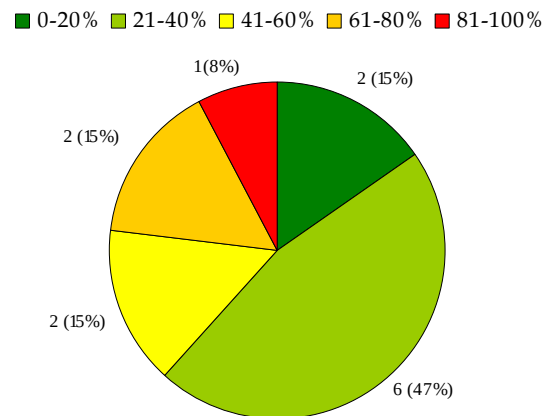


Abb.110: Versiegelungsgrad der Bäume im Schubertpark, 2009

In der GALK-Straßenbaumliste sind *Acer campestre*, *Aesculus carnea* sowie *Fraxinus ornus* als empfindlich gegenüber Versiegelung angeführt. Wie aus Abb.111 ersichtlich ist *Acer campestre* zu einem geringen Anteil versiegelt. Für *Aesculus carnea* und einen *Fraxinus ornus* Baum, welche einen Versiegelungsgrad von über 50% ihrer Kronenprojektion aufweisen, könnten jedoch Probleme aufgrund der Versiegelung entstehen.

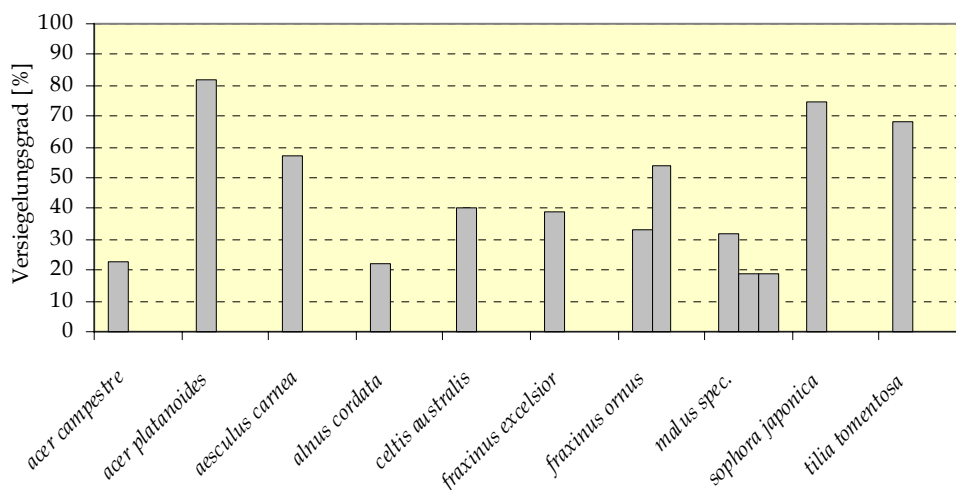


Abb.111: Versiegelungsgrade der einzelnen Bäume im Schubertpark, 2009

6.2.1.b. Märzpark

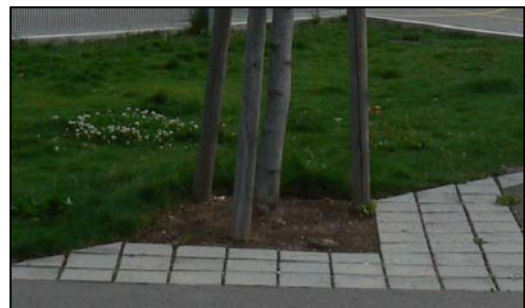
Im Märzpark kommen auch zehn Baumstandorte in gekennzeichneten Baumscheiben vor, weitere sechs Standorte sind Baumscheiben, welche zu 50% zur Vegetationsfläche hin offen sind. Bis zum Abschluss der Aufnahmen sind jedoch nur drei der Hochstämme in den Baumscheibenstandorten verblieben. Die Baumscheiben sind insgesamt 4,84 m² groß, davon sind 3,84 m² mit Betonsteinen gepflastert. Die „halben“ Baumscheiben entsprechen diesem Aufbau, sind jedoch zur Hälfte in die Vegetationsfläche eingebettet. Der Versiegelungsgrad der verbleibenden Bäume innerhalb der Vegetationsflächen ergibt sich neben der Endgröße der Bäume durch die Entfernung zu den Wegen.



oben links:
Abb.112: Baumscheibe mit Betonplatten im Märzpark, 2009



oben rechts:
Abb.113: Baum eingebettet in Vegetationsfläche, 2009



rechts:
Abb.114: „halbe“ Baumscheibe im Märzpark, 2009

59% der Bäume im Märzpark sind mit 0 - 20% sehr schwach versiegelt. Weitere 21% weisen einen Versiegelungsgrad von 21 - 40% auf. Die verbleibenden sechs Bäume sind stärker versiegelt, wobei die drei Bäume in der Kategorie von 81 - 100% jene in den Baumscheiben sind.

■ 0-20% ■ 21-40% ■ 41-60% ■ 61-80% ■ 81-100%

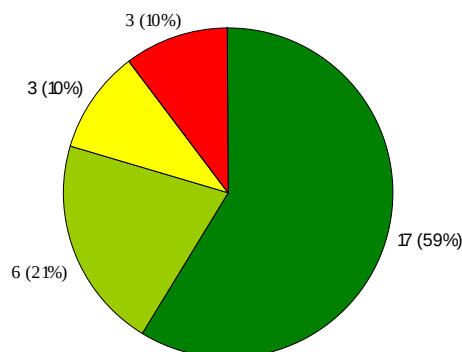
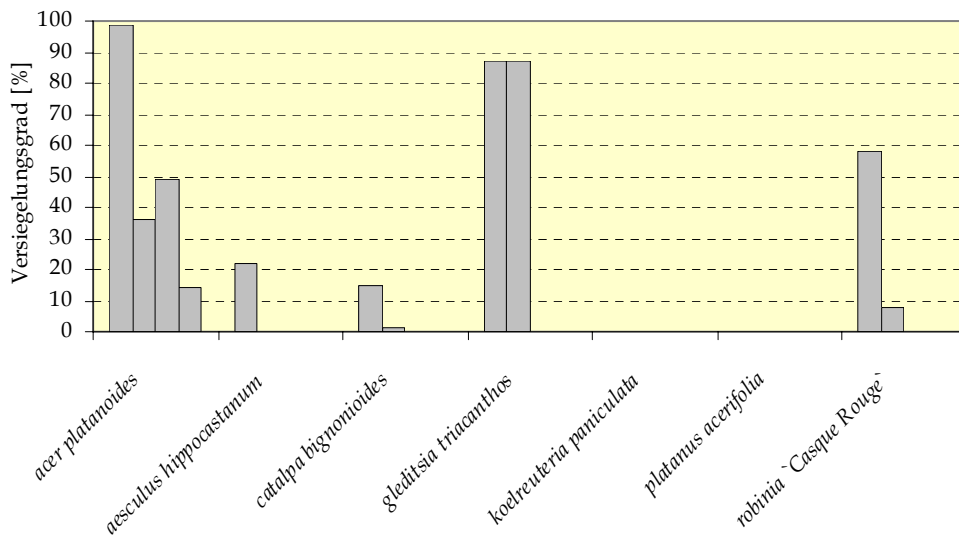


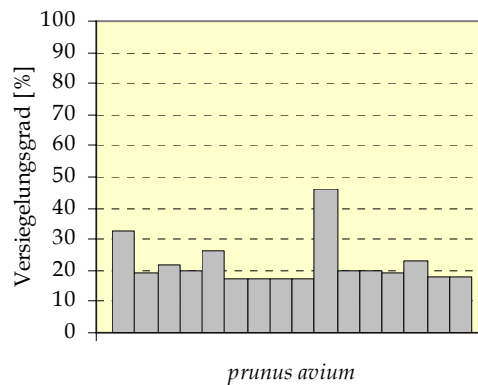
Abb.115: Versiegelungsgrad der Bäume im Märzpark, 2009

Für die einzelnen Bäume im Märzpark zeigt sich in Bezug auf die Versiegelung, in den Abbildungen 116 und 117 dargestellt, folgende Standortsituation.



oben:
Abb.116: Versiegelungsgrade der Bäume im Märzpark (außer *Prunus avium*), 2009

rechts:
Abb.117: Versiegelungsgrade der *Prunus avium* Bäume im Märzpark, 2009



Laut GALK-Straßenbaumliste wird keine der verwendeten Baumarten als besonders empfindlich gegenüber Versiegelung beschrieben. *Gleditsia triacanthos* sowie ein *Acer platanoides* sind aufgrund der Lage in den Baumscheiben sehr stark versiegelt, wodurch eventuell Probleme entstehen könnten. Sonst sind durch die Versiegelung als alleinigen Faktor keine Schäden zu erwarten.

6.2.2. Ergebnisse: Übererdungshöhe

6.2.2.a. Schubertpark

Wie in Abb.118 ersichtlich, wurden nur 21% der Bäume im Schubertpark in korrekter Tiefe gepflanzt. Die verbleibenden 79% der Bäume sind mehr oder weniger zu tief gesetzt worden, wobei 37% mit über 10 cm viel zu tief unter der Erdoberfläche vergraben sind.

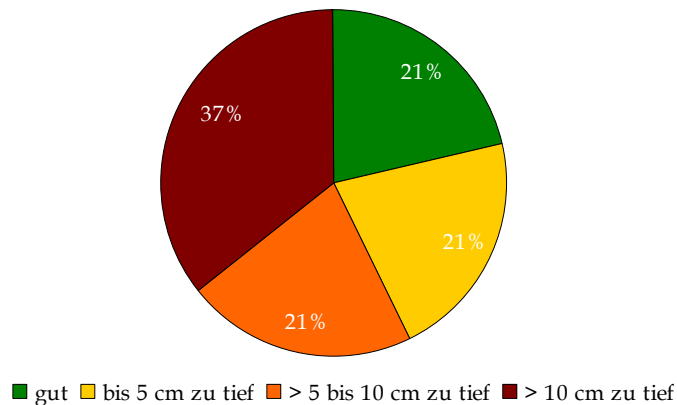


Abb.118: Prozentuelle Verteilung der Übererdungshöhen der Bäume im Schubertpark, eingeteilt in Kategorien, 2009

Abbildung 119 zeigt die Übererdungshöhen der einzelnen Bäume im Schubertpark, wobei 0 der richtigen Einpflanztiefe und Werte im Minusbereich einer zu tiefen Pflanzung entsprechen.

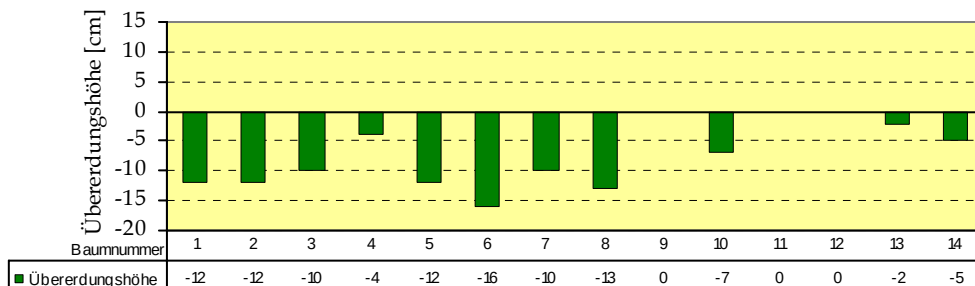


Abb.119: Übererdungshöhen der Bäume im Schubertpark nach Baumnummern, 2009:
0... gute Übererdungshöhe; -... zu tiefe Pflanzung;

Zu tiefe Pflanzungen können durchaus einen fatalen Schadfaktor für die Bäume darstellen. Wie stark die Bäume auf die unterschiedlichen Übererdungshöhen reagieren ist baumartenspezifisch, wobei hier genauere Untersuchungen noch ausgeblieben sind. Für *Fagus sylvatica* können beispielsweise nur 2 cm Übererdung schon tödlich sein (Dr. Christian TOMICZEK, persönliche Mitteilung). Für viele Bäume im Schubertpark könnten demnach durchaus Probleme, verursacht durch die zu tiefen Pflanzungen entstehen.

6.2.2.b. Märzpark

Im Märzpark wurden 38% der Bäume in richtiger Tiefe gepflanzt. Weitere 48% sind mehr oder weniger zu tief gepflanzt worden, davon 7% mit über 10 cm viel zu tief. Die verbleibenden 14% wurden scheinbar zu hoch gepflanzt. Hier kann man davon ausgehen, dass das Substrat nachträglich aus der Baumscheibe geschwemmt wurde.

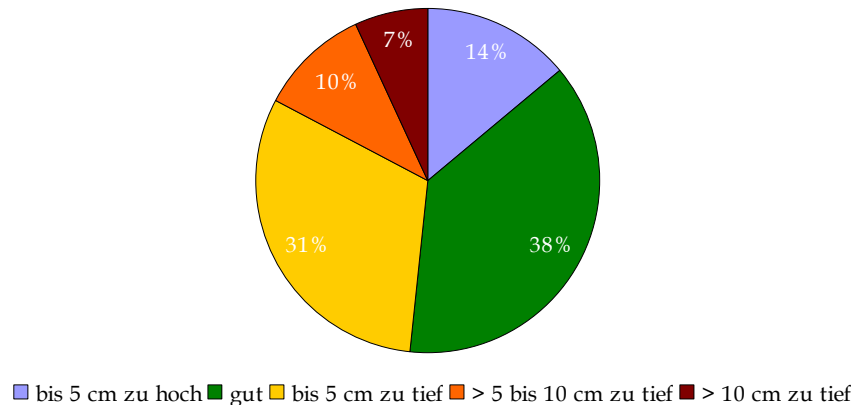


Abb.120: Prozentuelle Verteilung der Übererdungshöhen der Bäume im Märzpark eingeteilt in Kategorien, 2009

Abbildung 121, über die Übererdungshöhen der einzelnen Bäume im Märzpark, soll auch für diesen Park einen Überblick über die damaligen Pflanzarbeiten geben.

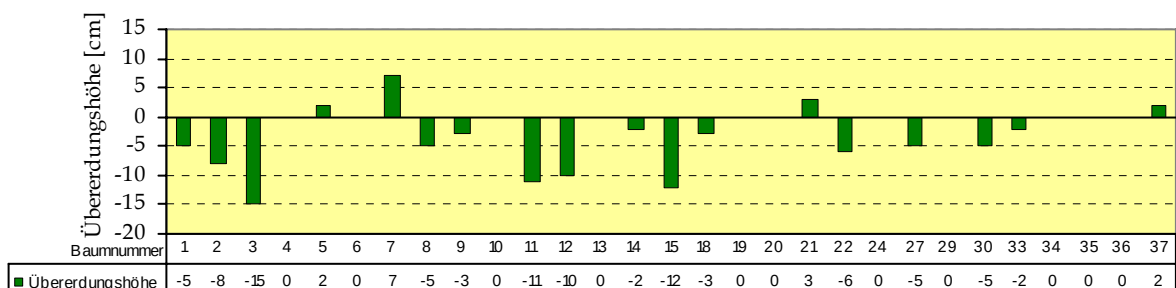


Abb.121: Übererdungshöhen der Bäume im Märzpark nach Baumnummern, 2009:
0... gute Übererdungshöhe; -... zu tiefe Pflanzung;

Wie auch im Schubertpark könnten im Märzpark einige Bäume langfristige Schäden, verursacht durch die zu tiefen Pflanzungen davon tragen.

6.2.3. Ergebnisse: Baumscheibenbewuchs und -abdeckung

6.2.3.a. Schubertpark

Im Schubertpark sind 4 von insgesamt 14 Bäumen frei von jedem Unterbewuchs. Diese Bäume stehen auf dem Kinderspielplatz, drei davon in wassergebundener Decke und einer mit Rindenmulchabdeckung. Weitere vier Bäume stehen in Beeten mit Gehölzunterbepflanzungen mit *Hypericum*, *Symphoricarpos*, *Mahonia*, *Lonicera pileata*, *Spirea* und Bodendeckerrosen. Die verbleibenden 6 Bäume sind im Stammfußbereich mit Gräser/Kräuter Vegetation versehen.

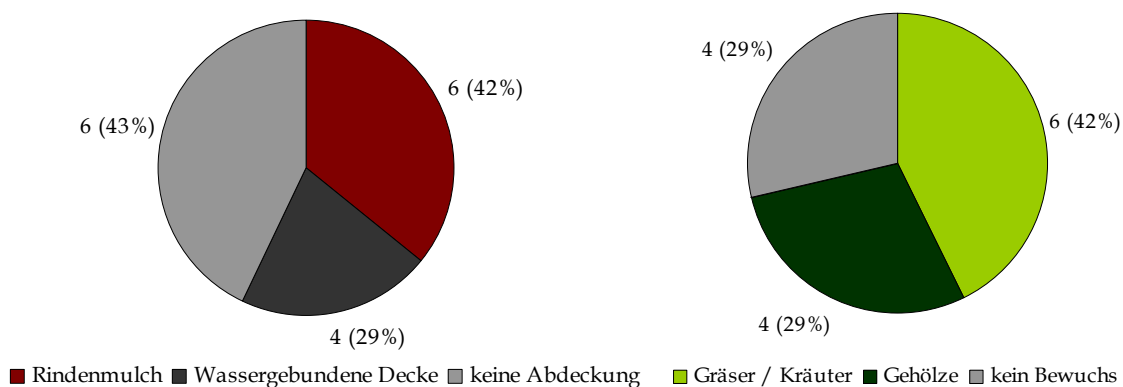


Abb.122: links: Baumscheibenabdeckung der Bäume im Schubertpark, 2009;
rechts: Baumscheibenbewuchs der Bäume im Schubertpark, 2009;

6.2.3.b. Märzpark

Im Märzpark sind nur 3 der 29 Jungbäume ohne Bewuchs innerhalb deren Stammfußbereich. Das sind jene Bäume, die in Baumscheiben mit wassergebundener Decke gepflanzt sind. An einem Standort kommt eine Bepflanzung des Stammfußbereichs mit den Gehölzen *Lonicera pileata* sowie *Hypericum* vor, dieser ist auch der einzige im Märzpark, der zusätzlich mit einer Rindenmulchabdeckung ausgestattet ist. Die große Mehrheit der Bäume im Märzpark steht auf freien Vegetationsflächen mit mehr oder weniger, spontan ausgebreiteter Gräser/Kräuter Mischvegetation.

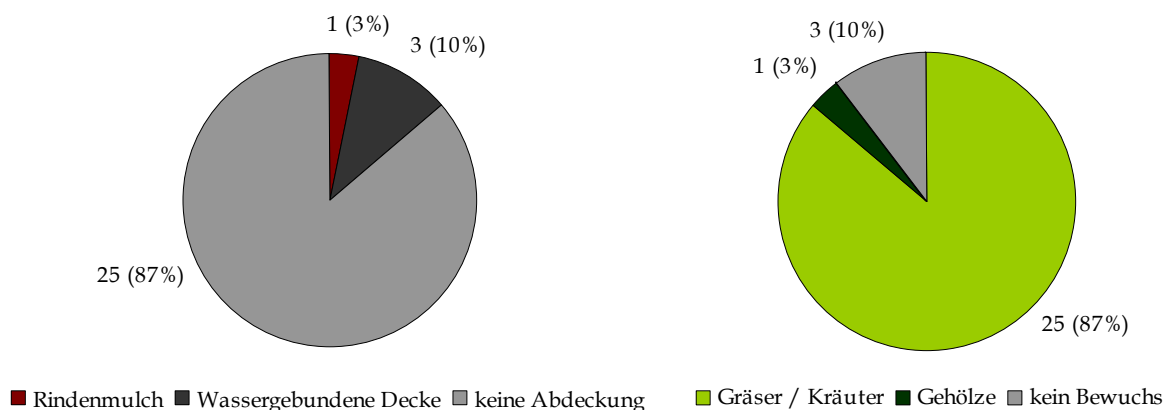


Abb.123: links: Baumscheibenabdeckung der Bäume im Märzpark, 2009;
rechts: Baumscheibenbewuchs der Bäume im Märzpark, 2009;

6.2.4. Ergebnisse: Belastung durch Parkbesucher

Als Nutzungsdruck ist hier die Gefahr von Bodenverdichtungen in Baumnähe durch das Betreten von Menschen zu verstehen. Beobachtungen des Besucherverhaltens haben folgende Ergebnisse für die beiden Parkanlagen aufgezeigt.

6.2.4.a. Schubertpark

Im Schubertpark fallen 3 Bäume aufgrund ihrer Lage inmitten des Kinderspielplatzes in die Kategorie „stark“ belastet. Die 5 Bäume innerhalb der Kategorie „mäßig“ werden, wegen beliebter Abkürzungen über die Grünflächen bzw. ihrer Nähe zum Ballspielplatz, etwas weniger stark, aber dennoch regelmäßig beansprucht. Die verbleibenden 6 Baumstandorte werden aufgrund von Einzäunungen oder ihrer Lage auf kaum betretenen Grünflächen wenig belastet und werden deshalb den Kategorien „kaum“ und „keine“ Belastung zugeordnet.

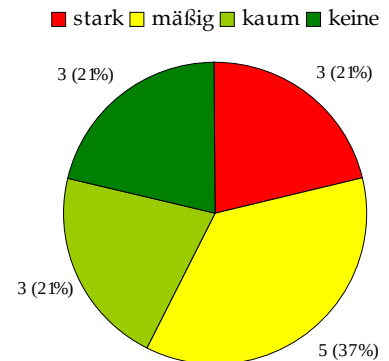


Abb.124:
Verdichtungsgefahr durch
Betreten des Stammfußbereichs
der Bäume im Schubertpark, 2009

6.2.4.b. Märzpark

Im Märzpark fällt ein Baum in die Kategorie „keine“ Belastung durch Betreten des Stammfußbereiches, dieser ist durch Abzäunung völlig vor Betritt geschützt. Der Großteil der Baumstandorte im Märzpark entspricht der Kategorie „kaum“ eine Belastung. Die Mehrheit dieser Jungbäume ist zwar nicht eingezäunt, die Grünflächen werden jedoch aufgrund der guten Wegeführung selten betreten. Jene 4 Bäume in der Kategorie „mäßig“ haben zwar ähnliche Voraussetzungen wie die der vorherigen Kategorie, werden jedoch wegen der Nähe zum teilweise nicht eingezäunten Ballspielplatz öfter betreten. Die verbleibenden 3 Bäume, die der Kategorie „stark“ zugeordnet sind, wurden in Baumscheiben innerhalb der Hauptverkehrswege gepflanzt, die regelmäßig stark genutzt werden.

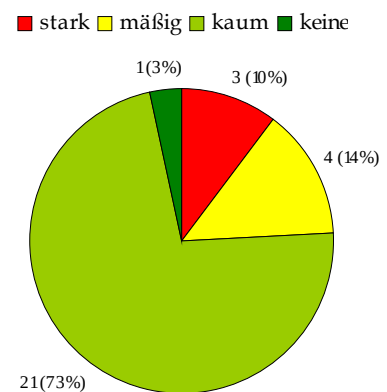


Abb.125:
Verdichtungsgefahr durch
Betreten des Stammfußbereichs
der Bäume im Märzpark, 2009

6.2.5. Ergebnisse: Belastung durch Hunde

6.2.5.a. Schubertpark

Der Schubertpark ist im Vergleich zum Märzpark etwas weniger frequentiert, was sich aus der höheren Dichte von umgebenden Parkanlagen ergibt. Auch die große Hundezone innerhalb der Parkanlage entlastet die jungen Bäume in Bezug auf die Nutzung als „Hundeklo“. 7 der 14 Bäume sind entweder durch Abzäunung und/oder starken Unterbewuchs mit Gehölzen oder durch ihre Lage am Kinderspielplatz mehr oder weniger vor übermäßiger Beanspruchung geschützt, sie werden daher der Kategorie „kaum“ zugeordnet. Drei weitere Bäume werden ebenfalls durch Unterbewuchs mit Gehölzen teilweise geschützt und werden daher nur „mäßig“ von Hunden aufgesucht. Die restlichen vier Bäume werden, trotz Hundezone stark beansprucht und könnten aufgrund dessen durchaus Schäden davon tragen.

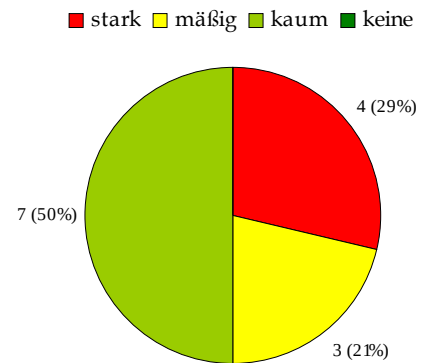


Abb.126:
Belastung durch Hundeurin
der Bäume im Märzpark, 2009

6.2.5.b. Märzpark

Der Märzpark weist eine hohe Hundefrequenz auf, die Jungbäume befinden sich allesamt entweder auf freien Vegetationsflächen oder offenen Baumscheiben und sind den Hunden somit frei zugänglich. Hier besteht also eine hohe Belastung mit Hundeurin für fast alle Jungbäume gleichermaßen. Ein Baumstandort ist durch Einzäunung, sowie starken Unterbewuchs mit Gehölzen einigermaßen vor Hunden geschützt und wird deshalb mit der Kategorie „kaum“ bewertet. Im Märzpark ist demnach die Wahrscheinlichkeit groß, dass Schäden an den jungen Bäumen verursacht durch hohe Belastung mit Hundeurin auftreten.

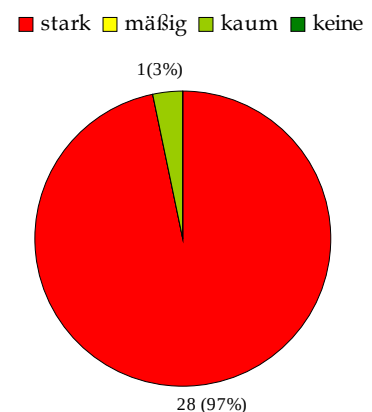


Abb.127:
Belastung durch Hundeurin
der Bäume im Märzpark, 2009

6.2.6. Ergebnisse: Baumstützung

6.2.6.a. Schubertpark

Im Schubertpark wurden alle Jungbäume im Zuge der Pflanzung 2005 mit einer Drei-Pfahlstützung ausgestattet. Dabei wurden die Bäume mit elastischen Gummibändern an den Stützbalken befestigt. Die drei Neupflanzungen im Jahr 2008 hingegen wurden mit Wurzelballenstützungen versehen. Beide Arten der Baumstützung sind „baumfreundlich“ und eine Unterstützung für die Jungbäume in deren Anwuchsphase. Die 3-Pfahlstützungen der älteren Bäume wurden bereits alle entfernt. Schäden an den Bäumen durch die Anbindung an die Pfähle wurden keine festgestellt.

links:
Abb.128:
Drei- Pfahlstützungen der
2005 gepflanzten Jungbäume
im Schubertpark, 2009

rechts:
Abb.129:
Wurzelballenstützung der
2008 gepflanzten Bäume im
Schubertpark, 2009



6.2.6.b. Märzpark

Auch im Märzpark wurden die Jungbäume während der Pflanzung 2006 auf die gleiche Weise mit Drei-Pfahlstützungen fixiert. Bei Schäden an den Baumstützungen werden diese mittlerweile entfernt und nicht mehr ersetzt, so stehen im Märzpark bereits sechs Bäume ohne Stützung. Die Art, sowie Auswahl der Materialien und die Ausführung der Baumstützungen im Märzpark sind als gut zu bezeichnen. Sie bietet den Bäumen einen sicheren Stand, wobei keine Stammschäden durch die Bindung auftreten.



links:
Abb.130: Drei- Pfahlstützung der
2006 gepflanzten Jungbäume im Märzpark, 2009

unten:
Abb.131: Ausführung der Fixierung, 2009



6.2.7. Ergebnisse: Stammschutz

6.2.7.a. Schubertpark

Ein Stammschutz beispielsweise in Form von Schilfmatten oder Stammanstrichen schützt die empfindliche Rinde der jungen Bäume vor Sonnennekrosen. Im Schubertpark wurden keine Maßnahmen zum Stammschutz getätigt. Aufgrund der dem Park benachbarten hohen Gebäude sind die Baumstämme hier auch keiner extremen Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Auch wird keine der verwendeten Baumarten als besonders anfällig für Sonnennekrosen beschrieben. Dementsprechend sind im Schubertpark bis jetzt auch keine derselben aufgetreten. Allerdings sind in diesem Park Stammschäden durch Vandalismus sehr groß. Matten aus Naturmaterialien wie Schilf, Bambus oder Weide hätten die Bäume an dieser Stelle zumindest in den ersten Jahren teilweise vor diesen Schäden bewahren können.

von links nach rechts:
Abb.132 bis 134: Schäden
an Baumstämmen durch
Vandalismus im Schubert-
park, 2009



6.2.7.b. Märzpark

Im Märzpark ist die Belastung der jungen Bäume durch starke Sonneneinstrahlung aufgrund der Größe der Parkanlage und somit der größeren Entfernung zu beschattenden Gebäuden höher. Bei der Pflanzung wurden alle *Prunus avium* Bäume mit einem Stammschutz aus Schilfmatten versehen. Davon waren zum Zeitpunkt der Baumaufnahmen die Matten bei 14 Exemplaren noch vorhanden. Bei den übrigen Baumarten wurde von einem Stammschutz abgesehen. Bei einem Baum ist es südseitig aufgrund der Sonneneinstrahlung zu leichten Stammschäden gekommen.



links:
Abb.135: Frostriss an
Catalpa bignonioides, 2009

rechts:
Abb.136: flächiger Sonnenbrand an
Acer platanoides, 2009

Im Märzpark kommen Stammschäden durch Vandalismus zwar seltener vor als im Schubertpark, die Intensität ist jedoch viel stärker. Auch hier hätte ein Stammschutz aus Matten vermutlich die beiden geschädigten Bäume vor ihrem Schicksal bewahren können.



links: Abb.137 und rechts: Abb.138:
starker Stammschaden durch Vandalismus an *Acer platanoides* 2009

6.2.8. Ergebnisse: Bewässerung

6.2.8.a. Schubertpark

Im Schubertpark sind Bewässerungsrohre innerhalb der gesamten Vegetationsflächen eingebaut, sodass bei Trockenheit der junge Gehölzbestand unkompliziert mit Versenkregnern bewässert werden kann.

6.2.8.b. Märzpark

Auch im Märzpark ist ein Bewässerungssystem eingebaut. Die vom System nicht erreichten Flächen werden im Bedarfsfall zusätzlich von Hand bewässert. Die Baumstandorte innerhalb der Baumscheiben sind mit Bewässerungs- und Belüftungsrohren ausgestattet.

6.3. Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen wurden zur Interpretation mit Kennwerten aus Richtlinien für Baumsubstrate und intensive Dachbegrünungen sowie aus einschlägiger Fachliteratur verglichen. Aus folgenden Quellen wurden hierfür die Richtwerte entnommen:

Intensive Dachbegrünungen:

- ON-Regel 121131, Österreichisches Normungsinstitut, 2008: Qualitätssicherung im Grünraum – Gründach: Richtlinien für die Planung Ausführung und Erhaltung ([ONR 121131, 2008](#));
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 2008: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen ([FLL, 2008](#));

Empfehlungen für Stadtbaumsubstrate:

- LIESECKE/HEIDGER, 2000: Substrate für Bäume in Stadtstraßen; veröffentlicht in Stadt und Grün 49 ([LIESECKE/HEIDGER, 2000](#));
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 2004: Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2 ([FLL, 2004](#));
- ZTV-Vegtra-Mü, 2008: Zusätzliche technische Vorschriften zur Herstellung und Einbau verbesserter Vegetationstragschichten der Landeshauptstadt München ([ZTV-Vegtra-Mü, 2008](#));
- FLORINETH F., KLOID.F., ASTLEITHNER. D., 2008: Studienblätter zur Vorlesung Vegetationstechnik 2008/2009 ([FLORINETH et.al. 2008](#));

Schließlich wurden die Ergebnisse auch mit den Angaben aus der Studie verglichen, die dem Bodenaufbau im Schubertpark und im Märzpark als Vorbild galt:

Wiener Modell:

- FLORINETH et. al., 2000: Bodenaufbau über Tiefgaragen für einen ökologisch wirksamen Baumbestand in öffentlichen Parkanlagen der Stadt Wien - Wiener Modell ([FLORINETH et.al., 2000](#));

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilungen wurden zusätzlich mit den Stadtbaumsubstraten Schönbrunner Mischung „alt“, Schönbrunner Mischung „neu“ und Mödlinger Substrat (siehe Kap.2.4.2.2.) verglichen.

6.3.1. Ergebnisse: pH-Wert

Die Ergebnisse der pH-Wert Messungen zeigen im Märzpark und Schubertpark sehr ähnliche Bodenreaktionen, allesamt im schwach alkalischen Bereich zwischen 7 und 8. Alle vier Proben aus dem Schubertpark und sieben von 10 Proben aus dem Märzpark gehen über den Wert von 7,5 nicht hinaus und können somit zum „Neutralbereich“ gezählt werden. Die verbleibenden drei Proben aus dem Märzpark liegen nur knapp über dieser Grenze im schwach alkalischen Bereich.

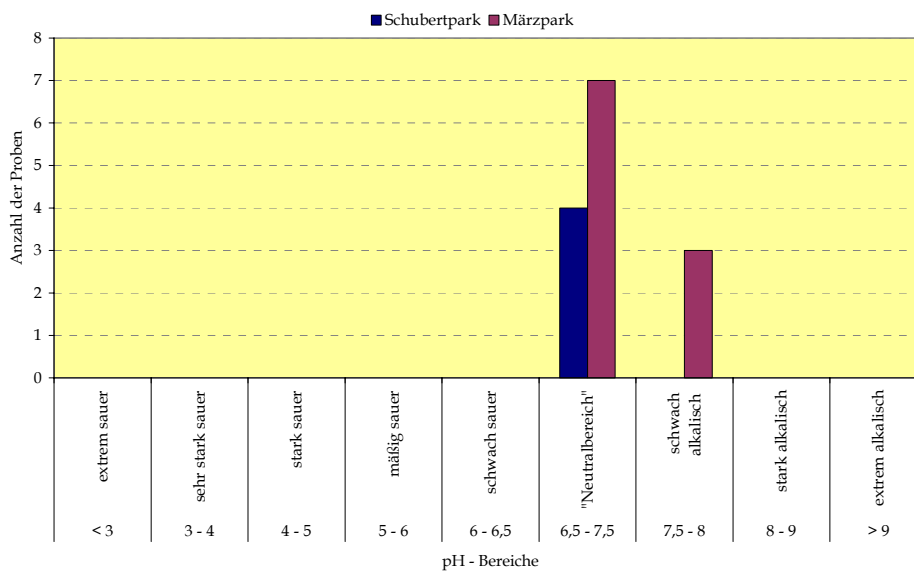


Abb.139: pH-Werte der beprobten Standorte im Märzpark und Schubertpark eingeteilt in Bereiche der Bodenreaktion, 2009 (nach: SCHROEDER, 1992)

Die Vergleichswerte aus der Literatur für Baumsubstrate und Vegetationstragschichten intensiver Dachbegrünungen erstrecken sich über den Bereich der Bodenreaktion von 5,5 bis 8, vom mäßig sauren bis zum schwach alkalischen Bereich.

	Dachbegrünungen		Baumsubstrate			Wiener Modell
Literatur	ONR 121131, 2008	FLL , 2008	LIESECKE/HEIDGER, 2000	FLL, 2004	ZTV Vegtra Mü, 2008	FLORINETH et .al., 2000
pH-Wert*	5,5 - 8	5,5 - 8	6,5 - 8	Abstimmung Pflanzenarten auf pH	5,5-7,9	7-7,5

Abb.140: Richtwerte für die Bodenreaktion von Baumsubstraten und Vegetationstragschichten intensiver Dachbegrünungen;
*... pH-Wert gemessen in CaCl₂

Die genannten Werte gelten für den potentiellen pH-Wert, gemessen in CaCl₂. Die zusätzlich gemessenen aktuellen pH-Werte sind um etwa einen Grad höher, im mäßig alkalischen Bereich.

6.3.1.a. Schubertpark

Die gemessenen potentiellen pH-Werte der vier Bodenproben aus dem Schubertpark liegen zwischen 7,32 und 7,47, somit entsprechen alle sämtlichen Anforderungen der Literaturkennwerte. In Abbildung 141 sind alle Probenwerte aufgelistet, durch die aktuellen pH-Werte ergänzt, sowie deren Übereinstimmung mit den Richtwerten gekennzeichnet.

Schubertpark							
Baumnummer	pH - Wert						
	[H ₂ O]	[CaCl ₂]	1	2	3	5	6
1	8,42	7,32					
5	8,33	7,47					
10	8,43	7,46					
14	8,38	7,46					

Abb.141: pH-Werte der Bodenproben aus dem Schubertpark, 2009

■ ...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

- 1 ...ONR 121131, 2008
- 2 ...FLL, 2008
- 3 ...LIESECKE/HEIDGER, 2000
- 5 ...ZTV-Vegtra-Mü, 2008
- 6 ...FLORINETH et.al., 2000

Bei dieser Bodenreaktion ist der Abbau der organischen Substanzen durch Bakterien, sowie die Gefügebildung nicht gehemmt. Es sind also kaum Beeinträchtigungen von physikalischen und biotischen Prozessen zu erwarten. Im chemischen Bereich ist die Verfügbarkeit von Eisen- und Manganionen ein wenig herabgesetzt.

Wie aus Abb.142 über die bevorzugten pH-Wert-Bereiche der Baumarten ersichtlich werden verursacht durch die Bodenreaktion für die verwendeten Baumarten keine Probleme auftreten, sodass auch die Forderung der FLL, 2004 nach einer Abstimmung der Baumarten auf den pH-Wert erfüllt wird.

Baumart						
<i>Acer campestre</i>						
<i>Acer platanoides</i>						
<i>Aesculus carnea</i>						
<i>Alnus cordata</i>						
<i>Celtis australis</i>						
<i>Fraxinus excelsior</i>						
<i>Fraxinus ornus</i>						
<i>Malus spec.</i>						
<i>Sophora japonica</i>						
<i>Tilia tomentosa</i>						
pH - Bereich	4 - 5 stark	5 - 6 mäßig sauer	6 - 7 schwach	6,5 - 7,5 Neutral- bereich	7 - 8 schwach alkalisch	8 - 9 stark

Abb.142: Toleranzbereiche der verwendeten Baumarten im Schubertpark in Bezug auf die Bodenreaktion, 2009 (Quelle: BRUNS 2009);

6.3.1.b. Märzpark

Die pH-Werte im Märzpark sind mit jenen aus dem Schubertpark vergleichbar. Der niedrigste Wert liegt hier bei 7,46, der höchste bei 7,55. Auch im Märzpark erfüllen alle Ergebnisse die Anforderungen für Baumsubstrate und Vegetationstragschichten von intensiven Dachbegrünungen. Für die Vorgabe von FLORINETH et.al., 2000 sind drei Werte, mit einem pH-Wert über 7,5, etwas zu hoch. Die Ergebnisse der zehn Bodenproben aus dem Märzpark sind in Abb. 143 ersichtlich.

Märzpark						
Baumnummer	pH - Wert					
	[H ₂ O]	[CaCl ₂]	1	2	3	5
1	8,42	7,46				
5	8,57	7,54				
6	8,38	7,48				
11	8,45	7,47				
21	8,1	7,52				
24	8,51	7,48				
28	8,46	7,47				
30	8,38	7,47				
34	8,38	7,55				
36	8,24	7,47				

Abb.143: pH-Werte der Bodenproben aus dem Märzpark, 2009

■ ...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

- 1 ...ONR 121131, 2008
- 2 ...FLL, 2008
- 3 ...LIESECKE/HEIDGER, 2000
- 5 ...ZTV-Vegtra-Mü, 2008
- 6 ...FLORINETH et.al., 2000

Auch im Märzpark sind für die verwendeten Baumarten keine durch den pH-Wert verursachten Einschränkungen der Bäume zu erwarten.

Baumart						
<i>Acer platanoides</i>						
<i>Aesculus hippocastanum</i>						
<i>Catalpa bignonioides</i>						
<i>Gleditsia triacanthos</i>						
<i>Koelreuteria paniculata</i>						
<i>Platanus acerifolia</i>						
<i>Prunus avium</i>						
<i>Robinia 'Casque Rouge'</i>						
pH - Bereich	4 - 5 stark	5 - 6 mäßig sauer	6 - 7 schwach	6,5 - 7,5 Neutral- bereich	7 - 8 schwach alkalisch	8 - 9 stark alkalisch

Abb.144: Toleranzbereiche der verwendeten Baumarten im Märzpark in Bezug auf die Bodenreaktion, 2009 (Quelle: BRUNS, 2009 und baumkunde.de, 2009);

6.3.2. Ergebnisse: Karbonatgehalt

Genaue Angaben zum gewünschten Karbonatgehalt von Vegetationstragschichten sind in der verwendeten Literatur kaum aufzufinden. Lediglich die ONR 121131, 2008 gibt 25 g/l als Richtwert an. Bei einer von dieser Richtlinie geforderten Lagerungsdichte von 1 – 1,6 g/cm³ lägen diese 25g/l mit 1,6 bis 2,5 Masse-% im schwach karbonathaltigen bzw. im untersten mäßig karbonathaltigen Bereich.

Die im Schubertpark und Märzpark vorgefundenen Karbonatgehalte sind beinahe alle dem stark karbonathaltigen Bereich zwischen 10 und 20 Masse-% zuzuordnen. Lediglich die Probe Märzpark 21 fällt mit 8,5% in den mäßig karbonathaltigen Bereich. Die Proben Märzpark 11 und 24 liegen mit $\geq 19\%$ schon nahe an der Grenze zum mergeligen Bereich.

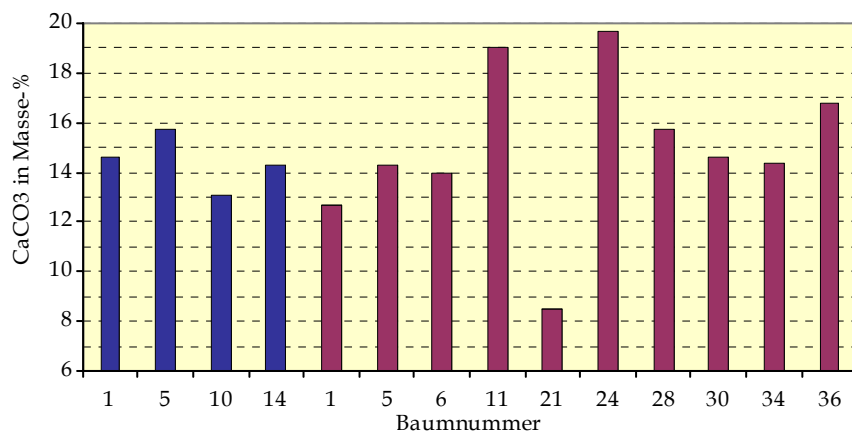


Abb.145: Ergebnisse der Karbonatgehalte der Proben aus dem Schubertpark (blaue Balken) und Märzpark (rote Balken), 2009

Zum Vergleich mit dem Anhaltspunkt aus der ON-Regel, enthält die Probe Schubertpark 14 mit einer recht niedrigen Lagerungsdichte von 1,25 g/cm³ und einem für die gemessenen Ergebnisse durchschnittlichen Karbonatgehalt von 14,3% 179 g/l Karbonat. Die Probe Märzpark 11, mit einem sehr hohen Karbonatgehalt von 19% und einer hohen Lagerungsdichte von 1,71 g/cm³, enthält 325 g/l CaCO₃. Diese Ergebnisse sind ein Vielfaches des in der ONR 121131, 2008 angegebenen Richtwertes von 25 g/l Karbonat. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die FLL, 2008 in früheren Ausgaben den Karbonatgehalt ebenfalls mit ≤ 25 g/l beziffert hatte, sich jedoch seit der Auflage 2002 vom Karbonatgehalt als Qualitätsmerkmal von Vegetationstragschichten distanziert. Auch die fehlenden Angaben aus den übrigen Werken sprechen dafür, dass dieser kaum als Qualitätskriterium festzulegen ist. Wichtig ist, dass die Pflanzenauswahl auf den Kalkgehalt des Bodens abgestimmt wird.

6.3.3. Ergebnisse: Korngrößenverteilung

Für Baumsubstrate und intensive Dachbegrünungen werden die in Abb. 146 angeführten Richtwerte empfohlen.

Literatur	Dachbegrünungen		Baumsubstrate			
	ONR 121131, 2008	FLL, 2008	LIESECKE/ HEIDGER, 2000	FLL, 2004	ZTV Vegtra Mü, 2008	FLORINETH et .al., 2008
abschlammbare Teile ($d \leq 0,063\text{mm}$)	$\leq 20 \%$	$\leq 20 \%$	5- 15 %	5 – 25 %	10 – 25 %	10 %
Ton ($d < 0,002 \text{ mm}$)	3-10 %	3 – 10 %	-	-	-	-
Schluff ($d = 0,002 - < 0,063 \text{ mm}$)	10 – 17 %	10 – 17 %	-	-	-	-
Sand ($d = 0,063 - 2 \text{ mm}$)	40 – 80 %	40 – 80 %	45 – 60 %	35 -50 %	35 – 45 %	55 %
Fein/Mittelkies ($d \geq 2 \text{ mm}$)	0 – 60%	0 -60 %	25 – 50 %	25 – 60 %	30 – 55 %	35 %

Abb.146: Richtwerte für die Kornverteilung von Baumsubstraten und Vegetationstragschichten intensiver Dachbegrünungen

Um Bodenverdichtungen zu vermeiden wird der Gehalt an abschlammbaren Teilen von allen Autoren relativ gering beziffert. Die FLL, 2004 und die ZTV-Vegtra-Mü, 2008 lassen hier mit bis zu 25 Masse-% die höchsten Werte zu. Die beiden Dachbegrünungsrichtlinien beschränken den Anteil von Ton und Schluff auf maximal 20%. LIESECKE/HEIDGER, 2000 erachten einen Feinanteil von 15% bereits als obere Grenze. FLORINETH et.al., 2008 sieht 10% Schluff- und Tongehalt als ideale Obergrenze für ein verdichtungsstabiles, wasserdurchlässiges Baumsubstrat an. Der Gehalt der Sandfraktion schwankt im weiten Bereich von 35 bis 80%, jener der Kiesfraktion gar zwischen 0 und 60%.

6.3.3.a. Schubertpark

Die vier ausgewerteten Proben aus dem Oberboden des Schubertparks von den Baumstandorten 1, 5, 10 und 14 (siehe Anhang: 9.6. Lageskizzen der Parkanlagen S.185) zeigen sehr ähnliche Körnungslinien. Der Hauptbestandteil liegt im Schluffbereich von 0,002 bis 0,063 mm. Abbildung 147 zeigt die Sieblinien der vier Proben im Überblick, die einzelnen Körnungslinien sind im Anhang ersichtlich.

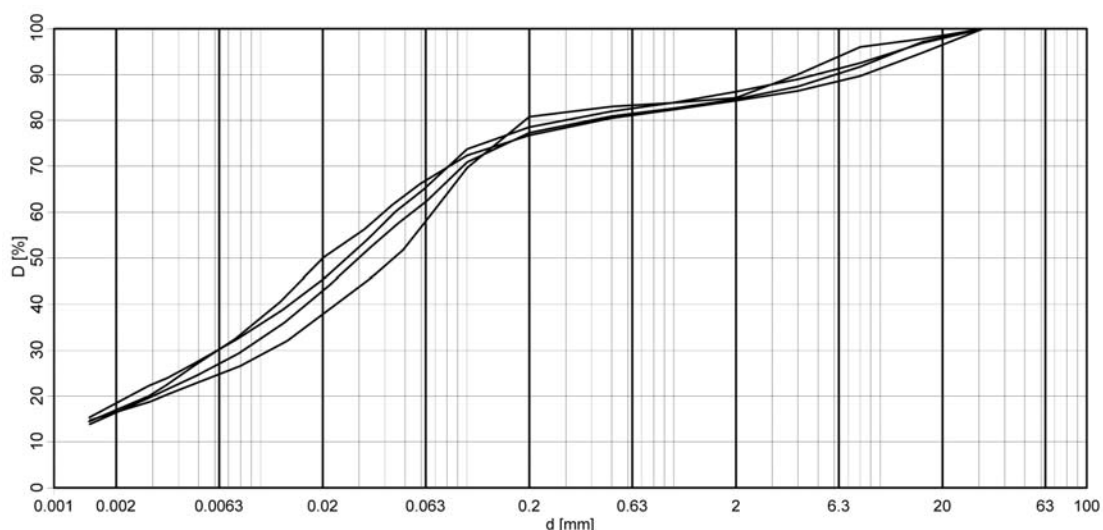


Abb.147: Körnungslinien des Oberbodens von den Baumstandorten 1, 5, 10 und 14 aus dem Schubertpark, 2009

Nachstehende Abbildung 148 zeigt die Kornverteilungen der Proben aus dem Schubertpark, eingeteilt in abschlämbbare Teile kleiner als 0,063 mm, Sand von 0,063 bis 2 mm, sowie Kies und Schotter größer als 2 mm. Zum Vergleich werden auch die oben genannten Vergleichsdaten, sowie die Körnungen des Mödlinger Substrates und der Schönbrunnermischung, welche sich als Substrate für Stadtbaumpflanzungen bewährt haben, angeführt.

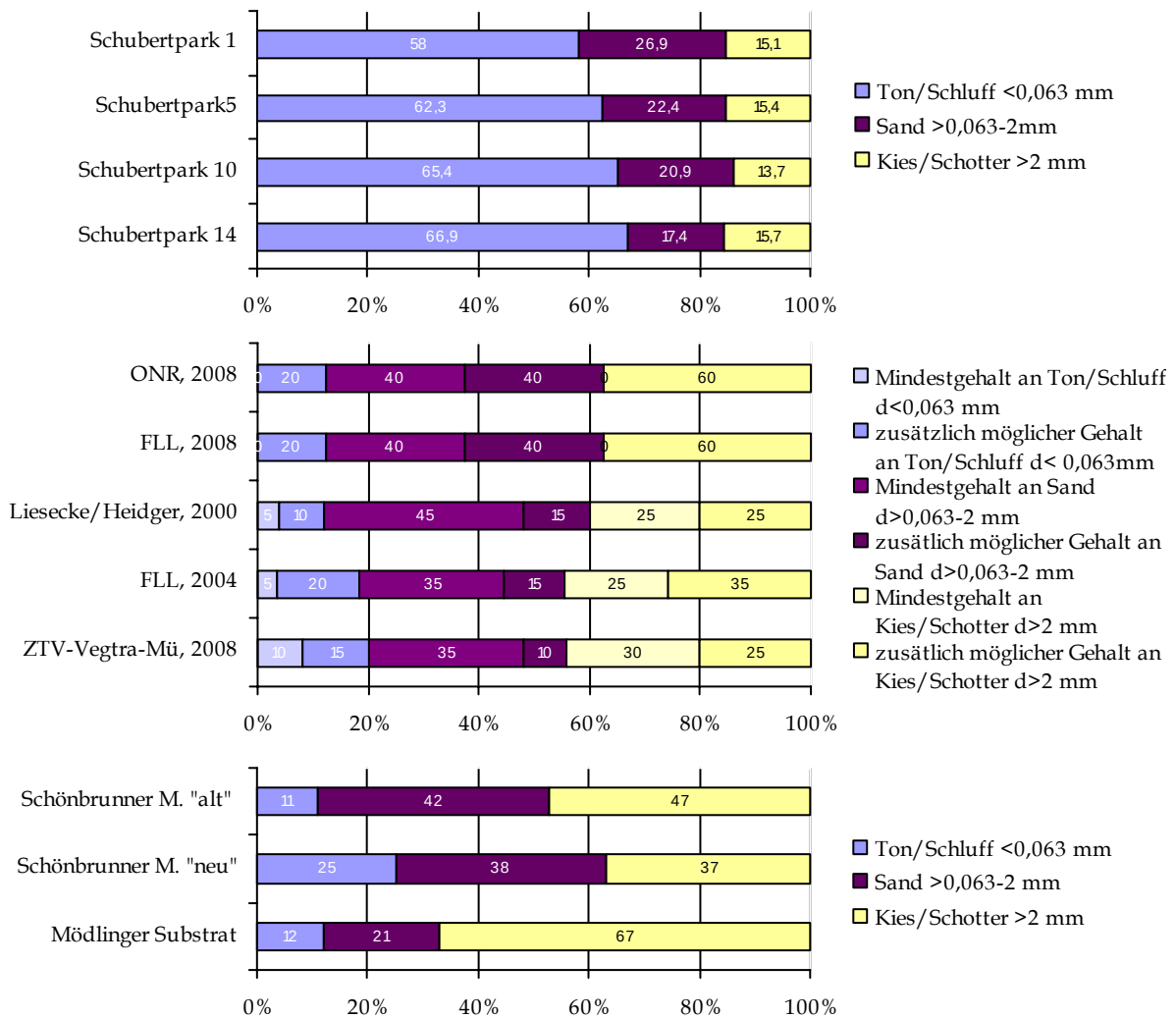


Abb.148: oben: Massenanteile von Ton/Schluff, Sand und Kies/Schotter des Oberbodens aus dem Schubertpark; Mitte: Spannweite der Massenanteile von Ton/Schluff, Sand und Kies/Schotter der Richtlinien für Stadtbaumpflanzungen und intensive Dachbegrünungen; unten: Massenanteile von Ton/Schluff, Sand und Kies/Schotter dreier österr. Substratmischungen für Stadtbäume;

Der Vergleich mit den Richtlinien ergibt für die Proben aus dem Schubertpark einen viel zu hohen Anteil der feinen Fraktionen Ton und Schluff. Die Höchstgehalte nach der FLL, 2004 und der ZTV-Vegtra-Mü, 2008 mit 25 Massenprozent werden von den Bodenproben um mehr als das Doppelte überschritten. Die FLL, 2008 und ONR 121131, 2008 geben einen maximalen Anteil von 20 Massenprozent dieser Fraktionen an, die Proben aus dem Schubertpark weisen einen drei mal höheren Gehalt auf.

Die Autoren LIESECKE/HEIDGER, 2000 beschränken den Anteil abschlämmbarer Teile für Stadtbaumsubstrate auf 15 Massenprozent, wodurch sich für die Proben aus der Parkanlage ein um das Vierfache zu hoher Wert ergibt. **Demnach ist das Oberboden-substrat im Schubertpark für dessen Nutzung nicht geeignet.**

Das Alternativsubstrat Schönbrunner Mischung „neu“ entspricht der FLL, 2004 und der ZTV-Vegtra-Mü, 2008. Um die Anforderungen aller Autoren zu erfüllen müsste das Verhältnis Feinanteile zu Sand um ca. 10 Massenprozent zugunsten der Sandfraktion verschoben werden. Die von GILGE 2004 untersuchte Schönbrunner Mischung „alt“ vom Seckendorff-Gudentweg (siehe Kap. 2.4.2.2.) entspricht hingegen allen Richtwerten. Das Mödliner Substrat stimmt zwar von den Feinanteilen mit allen Richtwerten überein, es enthält jedoch zu wenig Sand und zu viel Kies und Schotter um die Anforderungen der Autoren erfüllen zu können.

Die nachfolgenden zwei Abbildungen zeigen graphisch veranschaulicht die großen Abweichungen der Körnungslinien aus dem Oberboden des Schubertparks vom optimalen Sieblinienbereich der Dachbegrünungsrichtlinie FLL, 2008 und der Empfehlungen für Baumpflanzungen FLL, 2004.

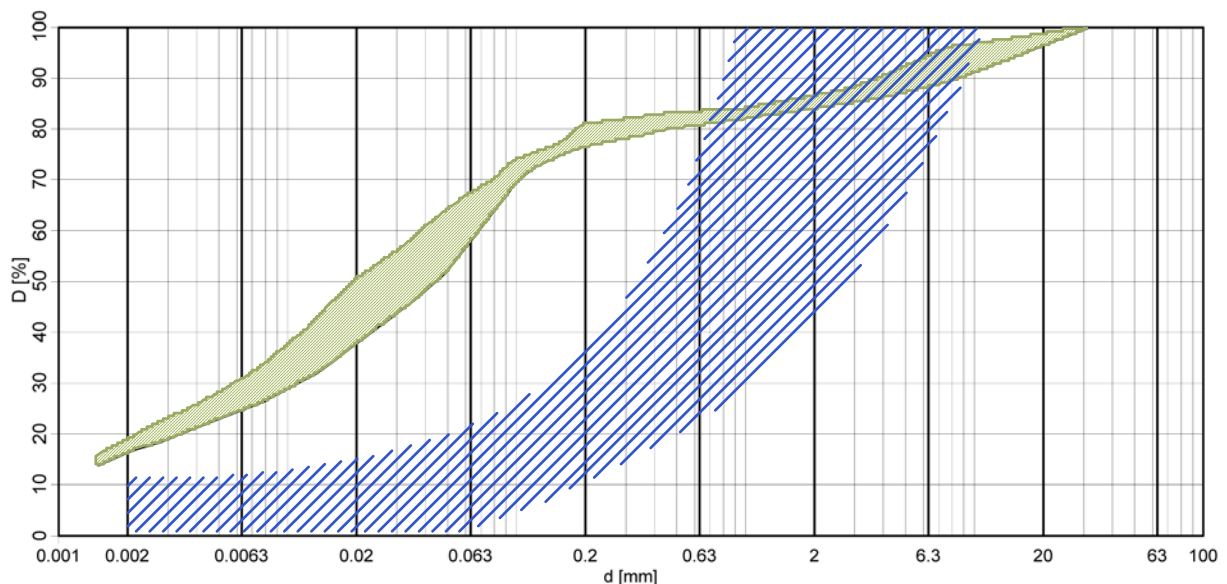


Abb.149: Bereich der Körnungslinien des Oberbodens aus dem Schubertpark (grüner Bereich) im Vergleich zum Kornverteilungsbereich der Dachbegrünungsrichtlinie ONR 121131, 2008 (blauer Bereich), welcher auch dem Bereich der Dachbegrünungsrichtlinie FLL, 2008 entspricht;

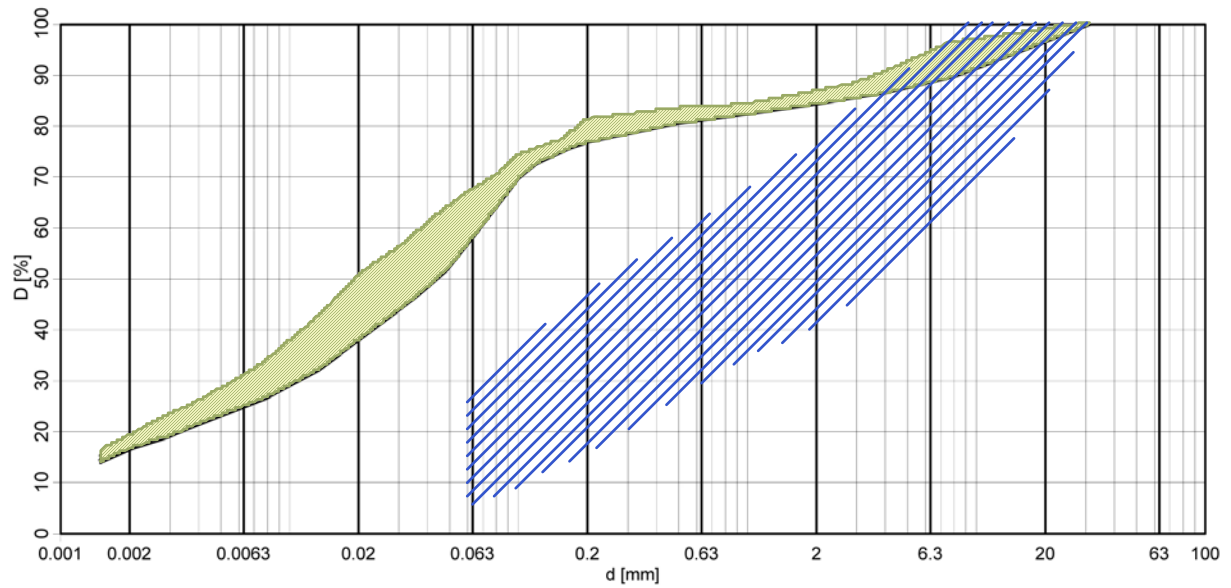


Abb.150: Bereich der Körnungslinien des Oberbodens aus dem Schubertpark (grüner Bereich) im Vergleich zum Kornverteilungsbereich der FLL- Empfehlungen für Baumpflanzungen, 2004 (blauer Bereich);

Vergleichend zur Schönbrunner Mischung „neu“, welche die Kriterien der FLL- Empfehlungen für Baumpflanzungen, 2004 erfüllt, ergibt sich in Abb.151 ersichtliches Bild.

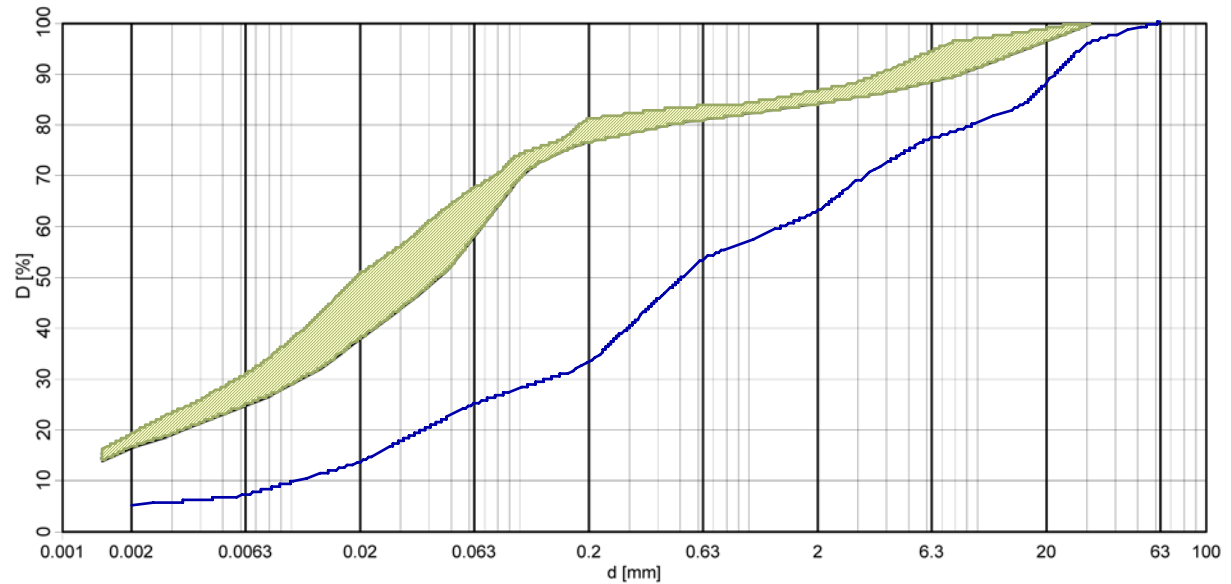


Abb.151: Bereich der Körnungslinien des Oberbodens aus dem Schubertpark (grüner Bereich) im Vergleich zur Sieblinie der Schönbrunner Mischung „neu“ (blaue Linie);

6.3.3.b. Märzpark

Die Sieblinien der Proben aus dem Märzpark sind weiter gestreut als jene aus dem Schubertpark. Abb.152 zeigt die Kornverteilungskurven der Baumstandorte im Überblick, die einzelnen Kurven sind wiederum im Anhang ersichtlich. Die unterste Kurve in dieser Abbildung hebt sich besonders von den übrigen ab, da die Probe aus einer Baumscheibe mit größerem Oberbodenmaterial entnommen worden ist.

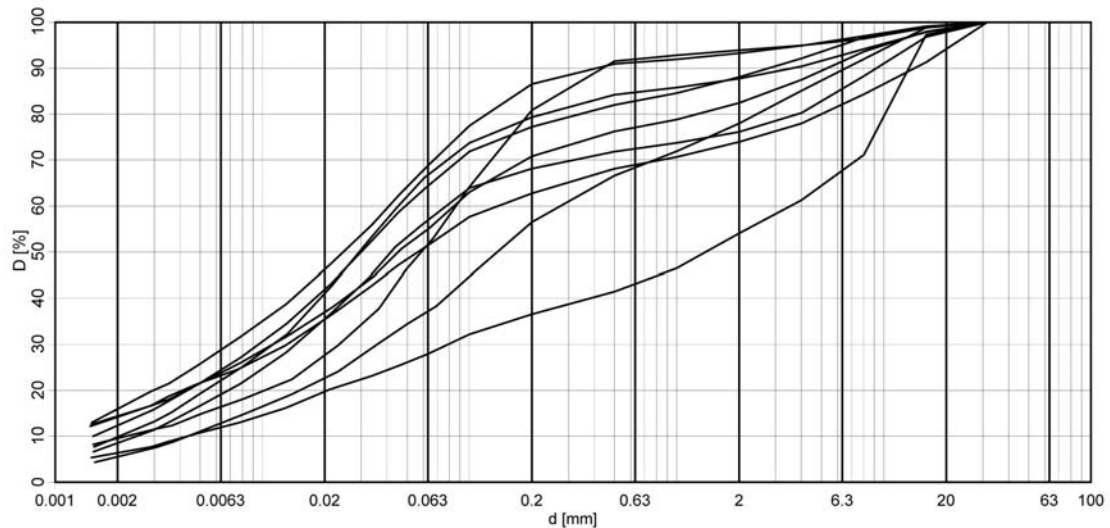


Abb.152: Körnungslinien des Oberbodens von den Baumstandorten 1, 5, 6, 11, 21, 28, 30, 34 und 36 aus dem Märzpark;

Wie auch für den Schubertpark werden die Ergebnisse der Korngrößenverteilungen aus dem Märzpark, eingeteilt in Ton-/Schluff-, Sand- und Kies-/Schotter- Fraktion in folgender Abb. 153 dargestellt.

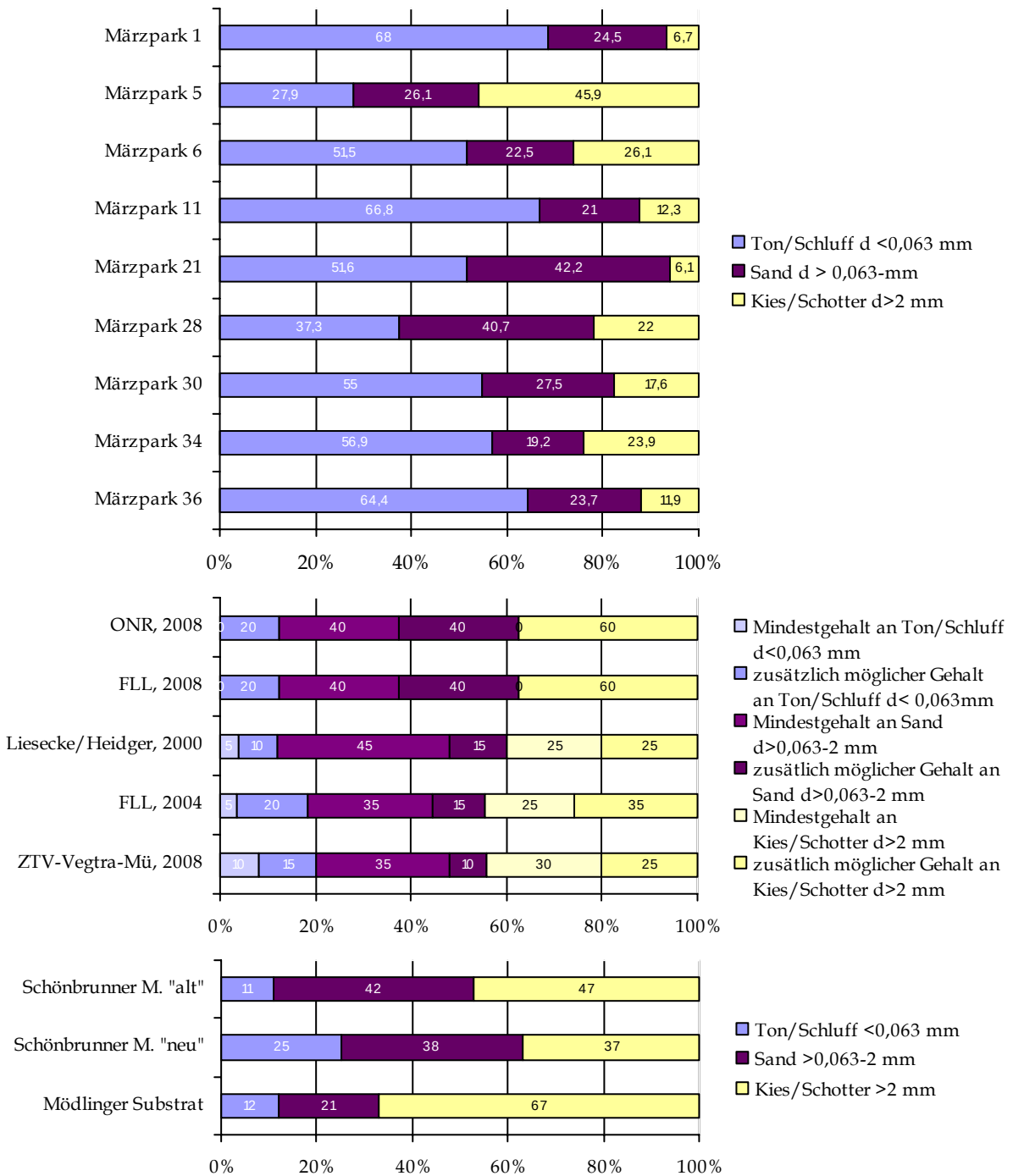


Abb.153: oben: Massenanteile von Ton/Schluff, Sand und Kies/Schotter des Oberbodens aus dem Märzpark; Mitte: Spannweite der Massenanteile von Ton/Schluff, Sand und Kies/Schotter der Richtlinien für Stadtbauempfehlungen und intensive Dachbegrünungen; unten: Massenanteile von Ton/Schluff, Sand und Kies/Schotter dreier österr. Substratmischungen für Stadtbäume;

Auch im Märzpark ist der Gehalt der Ton- und Schlufffraktion aller Proben generell zu hoch. Bei drei Proben übersteigen die Massenanteile der abschlämbbaren Teile 60% und zeigen somit eine ähnliche Aufteilung der Korngrößen wie im Schubertpark. Vier weitere Proben haben mit über 50 Masse-% ebenfalls einen viel zu hohen Ton- und Schluffgehalt, welcher die Richtwerte mindestens um das Doppelte übersteigt.

Die Probe Märzpark 5 ist an den Korngrößenbereich der FLL, 2004 und der ZTV-Vegtra-Mü, 2008 angenähert, jedoch ist auch hier der Feinanteil ein wenig zu hoch und der Sandanteil zu niedrig. Bei diesem Standort handelt es sich um eine stark belastete Baumscheibe, welche mit größerem Material aufgefüllt wurde um Verdichtungen zu vermeiden. Dieses Material wurde jedoch nur in geringer Schichtdicke, bis ca. 10 - 15 cm unter der Oberfläche, eingebaut, unterhalb vermischt es sich dann wieder mit dem Oberboden, wie er an den übrigen Baumstandorten vorzufinden ist. Der Standort Märzpark 28 ist eine „halbe“ Baumscheibe, die in die Vegetationsfläche eingebettet ist. Hier vermischt sich das Baumscheibensubstrat mit dem feinen Material des übrigen Oberbodens, wodurch sich im Verhältnis eine etwas bessere Aufteilung der Kornfraktionen ergibt.

Den graphisch dargestellten Vergleich mit den vorgeschriebenen Körnungsbereichen der ONR 121131 ,2008 und der FLL, 2004, sowie mit der Sieblinie des Alternativsubstrats Schönbrunner Mischung „neu“ zeigen folgende drei Abbildungen.

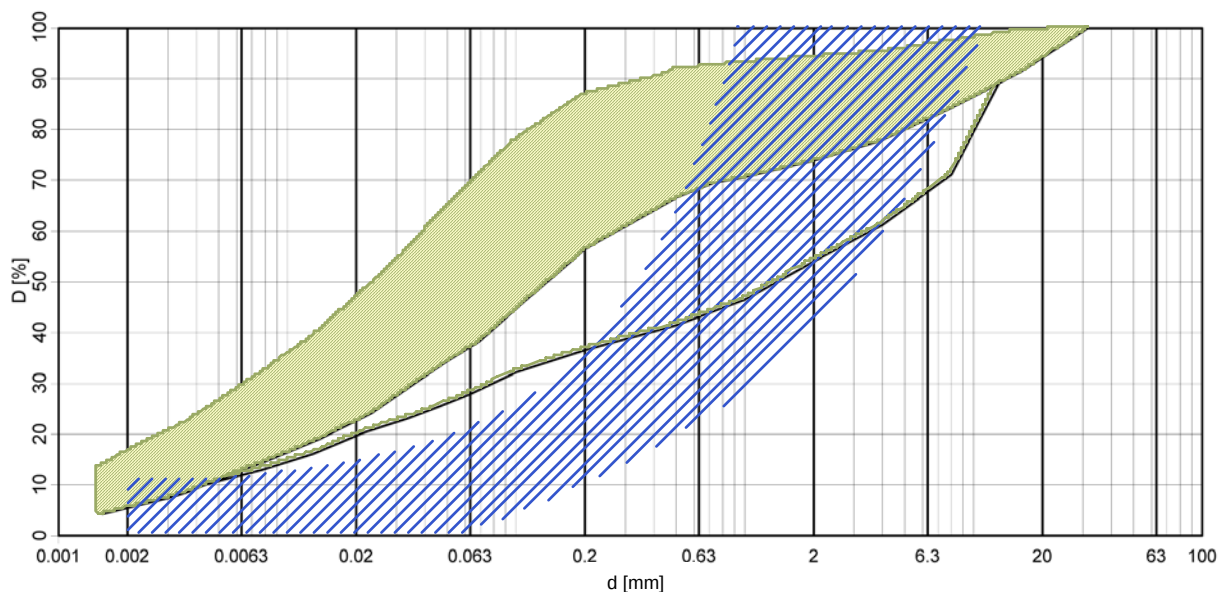


Abb.154: Bereich der Körnungslinien des Oberbodens aus dem Märzpark (grüner Bereich) und Körnungslinie der Probe aus der Baumscheibe, Märzpark 5 (güne Linie) im Vergleich zum Kornverteilungsbereich der Dachbegrünungsrichtlinie ONR 121131, 2008 (blauer Bereich);

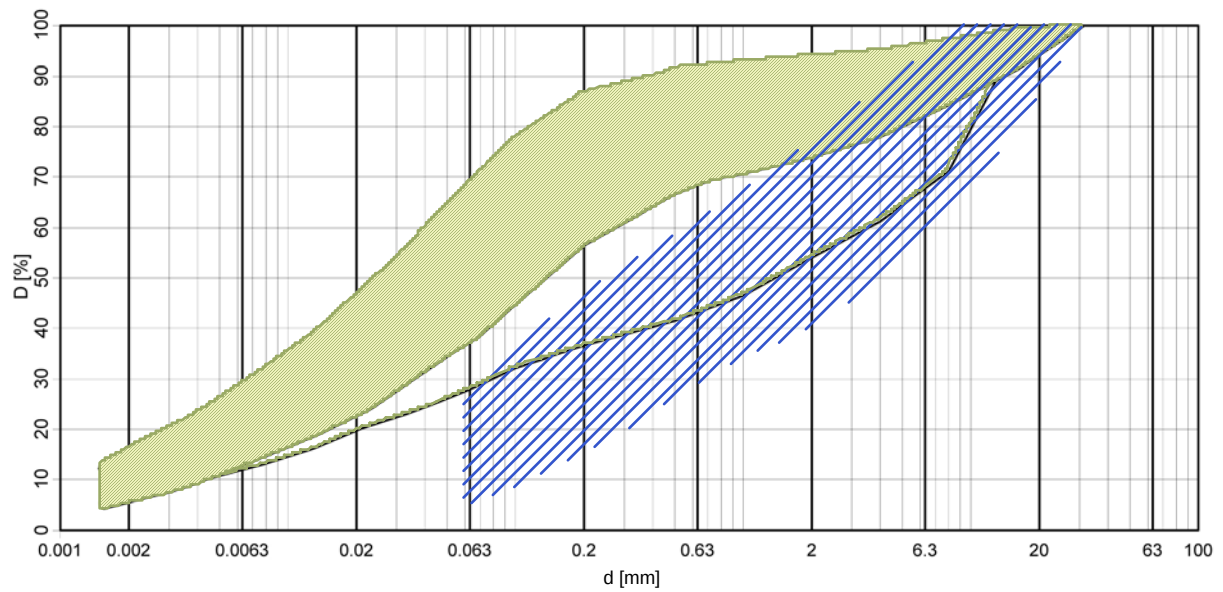


Abb.155: Bereich der Körnungslinien des Oberbodens aus dem Märzpark (grüner Bereich) und Körnungslinie der Probe aus der Baumscheibe, Märzpark 5 (grüne Linie) im Vergleich zum Kornverteilungsbereich der FLL-Empfehlungen für Baumpflanzungen, 2004 (blauer Bereich);

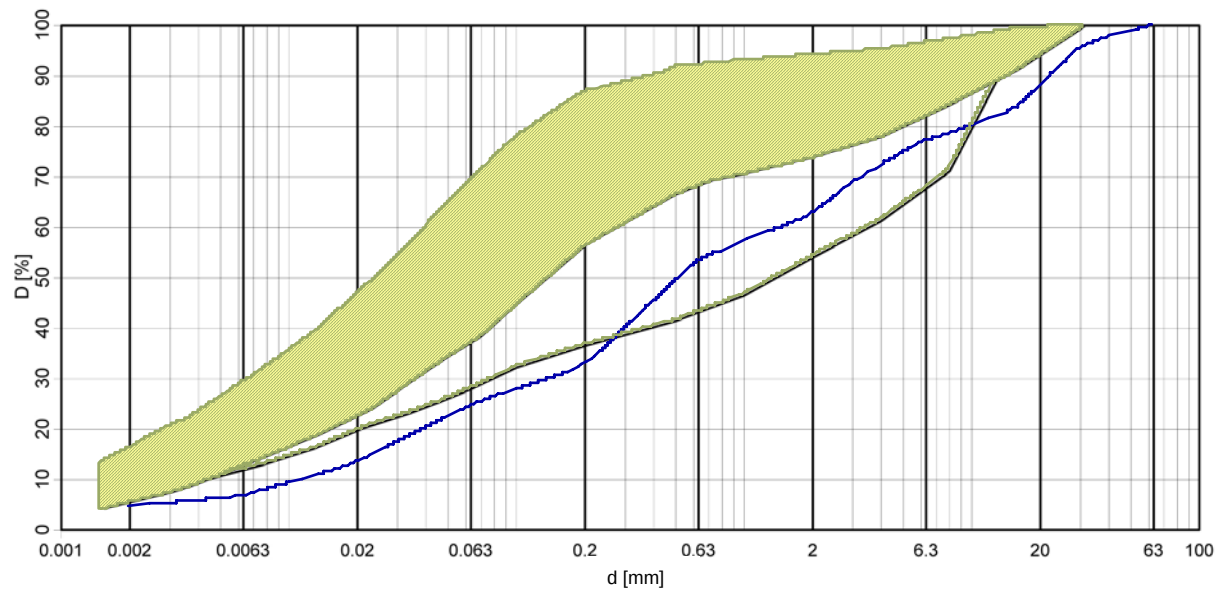


Abb.156: Bereich der Körnungslinien des Oberbodens aus dem Märzpark (grüner Bereich) und Körnungslinie der Probe aus der Baumscheibe, Märzpark 5 (grüne Linie) im Vergleich zur Sieblinie der Schönbrunner Mischung „neu“ (blaue Linie);

6.3.4. Ergebnisse: Lagerungsdichte

Die im trockenen Zustand gemessenen Lagerungsdichten des Oberbodens aus dem Märzpark liegen alle sieben im hohen Bereich von 1,5 - 1,75 g/cm³. Im Schubertpark sind 3 von 5 Proben dem Bereich mittlerer Lagerungsdichten von 1,25 - 1,5 g/cm³ zuzuordnen. Die verbleibenden zwei Proben liegen im Bereich hohen Volumengewichts.

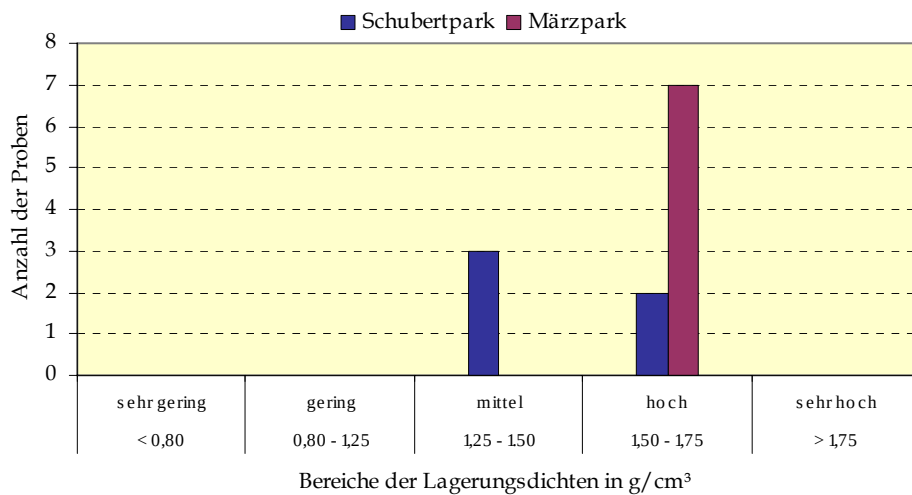


Abb.157: Lagerungsdichten des Oberbodens aus dem Schubertpark und Märzpark eingeteilt in Bereiche (nach: PREGL, 2000);

Die Richtwerte aus der Fachliteratur erstrecken sich über den Bereich von 1 - 1,6 g/cm³.

	Dachbegrünungen		Baumsubstrate			Wiener Modell
Literatur	ONR 121131, 2008	FLL, 2008	LIESECKE/HEIDGER, 2000	FLL, 2004	ZTV Vegtra Mü., 2008	FLORINETH et al., 2000
Lagerungsdichte*	1 - 1,6	1 - 1,6	1,2 - 1,6	-	-	1,2 - 1,4

Abb.158: Richtwerte für die Lagerungsdichte von Baumsubstraten und Vegetationstragschichten intensiver Dachbegrünungen, *...Lagerungsdichte im trockenen Zustand in g/cm³;

Diese Richtwerte entsprechen nach PREGL (2000) Böden mit geringer, mittlerer und hoher Lagerungsdichte.

6.3.4.a. Schubertpark

Im Schubertpark liegt nur eine der fünf Oberbodenproben mit 1,64 g/cm³ außerhalb aller Richtwerte. Die „strengste“ Obergrenze des Volumengewichts von 1,4 g/cm³ wird von drei Proben nicht überschritten, sodass diese den Anforderungen aller Werke entsprechen. Die verbleibende Bodenprobe mit einer Lagerungsdichte 1,52 g/cm³ wird von der FLL 2008, der ONR 121131, 2008 und von LIESECKE/HEIDGER, 2000 als gut bewertet, ist jedoch für FLORINETH et.al., 2000 zu hoch.

Schubertpark					
Baumnummer	Lagerungsdichte	1	2	3	6
1	1,64				
4	1,34				
8	1,52				
10	1,36				
14	1,25				

Abb.159: Lagerungsdichten des Oberbodens aus dem Schubertpark;

...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

- 1 ...ONR 121131, 2008
- 2 ...FLL, 2008
- 3 ...LIESECKE/HEIDGER, 2000
- 6 ...FLORINETH et.al., 2000

6.3.4.b. Märzpark

Im Märzpark fallen die Ergebnisse der Lagerungsdichten weit schlechter aus. Hier entsprechen die Lagerungsdichten von vier der sieben Bodenproben keinem Regelwerk, das Volumengewicht ist mit über 1,6 g/cm³ eindeutig zu hoch. Drei Proben liegen innerhalb der Vorgaben von LIESECKE/HEIDGER, 2000, der FLL, 2008 und der ONR 121131, 2008, welche eine Obergrenze von 1,6 g/cm³ vorsehen. Die Messwerte der Baumnummern 1 und 22 liegen an der Obergrenze gerade noch im vorgegebenen Bereich. Die etwas strengeren Richtwerte von FLORINETH et.al., 2000, zwischen 1,2 - 1,4 g/cm³, werden von keiner Bodenprobe erreicht. Die gemessenen Lagerungsdichten im trockenen Zustand der Proben im Märzpark sind in nachstehender Abbildung dargestellt.

Märzpark					
Baumnummer	Lagerungsdichte	1	2	3	6
1	1,58				
2	1,63				
6	1,73				
11	1,71				
22	1,6				
30	1,71				
34	1,51				

Abb.160: Lagerungsdichten des Oberbodens aus dem Märzpark;

...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

- 1 ...ONR 121131, 2008
- 2 ...FLL, 2008
- 3 ...LIESECKE/HEIDGER, 2000
- 6 ...FLORINETH et.al., 2000

6.3.5. Ergebnisse: Tragfähigkeitsuntersuchung

Die Struktur und Lagerungsstabilität der Vegetationstragschicht beschreibt die Fähigkeit des Bodenaufbaus Belastungen durch Eigenlast, Nutzung und/oder der Belastung durch Pflegearbeiten standzuhalten. In der Literatur wird die Struktur- und Lagerungsstabilität entweder als maximale Setzung angegeben oder durch den Verformungsmodul ausgedrückt. Je nach Messmethode wird zwischen statischen (E_{v2}) und dynamischen (E_{vd}) Verformungsmodul unterschieden. Die Umrechnung von E_{v2} in E_{vd} ist abhängig von der Bodenart. Die FLL, 2004 gibt einen E_{v2} von mindestens 45 MN/m² vor, was bei der gegebenen Bodenart einen E_{vd} von ca. 25 MN/m² entspricht. Die beiden Dachbegrünungsrichtlinien geben maximal 5 cm Setzung durch Belastungen nach der Fertigstellung des Bodenaufbaus als Richtwert an. Diese maximalen Setzungen dürfen dauerhaft nicht überschritten werden und sind demnach mit den beim Lastplattenversuch einmalig ermittelten durchschnittlichen Setzungen nicht vergleichbar.

	Dachbegrünungen		Baumsubstrate			Wiener Modell
Literatur	ONR 121131, 2008	FLL, 2008	LIESECKE/HEIDGER, 2000	FLL, 2004	ZTV Vegtra Mü, 2008	FLORINETH et al., 2000
Struktur-/Lagerungsstabilität	≤ 5 cm	≤ 5 cm	-	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$	-	-

Abb.161: Richtwerte für die Struktur- und Lagerungsstabilität von Baumsubstraten und Vegetationstragschichten intensiver Dachbegrünungen; angegeben als Setzung in cm oder als statisches Verformungsmodul in MN/m²

6.3.5.a. Schubertpark

Die E_{vd} -Werte der Standorte im Schubertpark liegen zwischen 3,1 und 27,1 MN/m². Die Mehrheit der Werte geht kaum über 5 MN/m² hinaus. Die Ergebnisse entsprechen durchschnittlichen Setzungen von 0,8 bis 7,3 mm. 13 der 14 beprobten Standorte entsprechen nicht den Vorgaben der FLL, 2004. Die besten Werte erreichen die Standorte 11 und 14, da hier die wassergebundene Decke größere Stabilität aufweist.

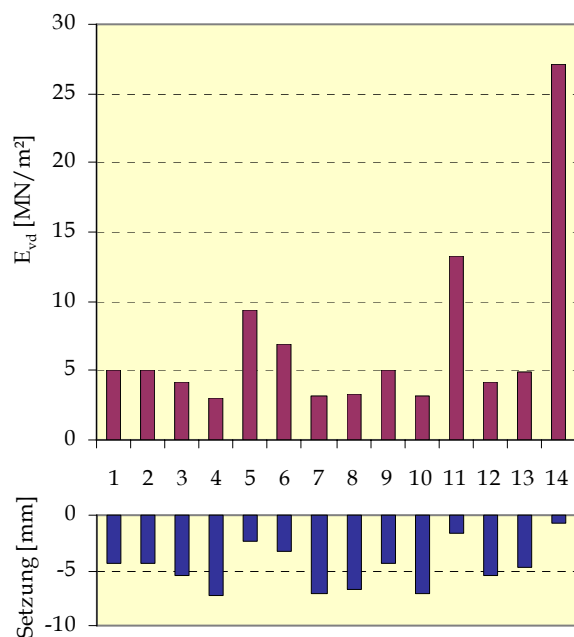


Abb.162: Ergebnisse des Versuches mit der dynamischen Lastplatte im Schubertpark nach Baumnummern: oben: E_{vd} -Werte; unten: Setzung während der Tragfähigkeitsprüfung;

Schubertpark			
Baumnummer	E_{vd}	Setzung	4
1	5,1	4,4	
2	5,1	4,4	
3	4,2	5,4	
4	3,1	7,3	
5	9,4	2,4	
6	6,9	3,3	
7	3,2	7,0	
8	3,3	6,8	
9	5,1	4,4	
10	3,2	7,0	
11	13,3	1,7	
12	4,2	5,4	
13	4,9	4,6	
14	27,1	0,8	

Abb.163: Dynamischer Verformungsmodul $[MN/m^2]$ und durchschnittliche Setzung $[mm]$ während der Tragfähigkeitsprüfung im Schubertpark;

■ ...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

4 ...FLL, 2004

6.3.5.b. Märzpark

Im Märzpark reicht die Spanne der E_{vd} -Werte von 2,3 bis 12,6 MN/m^2 . Hier ist der Bodenaufbau noch stärker verformbar als im Schubertpark. 26 Messergebnisse liegen mehr oder weniger weit unter 5 MN/m^2 , dementsprechend wurden während des Versuches Setzungen bis zu 9,8 mm festgestellt.

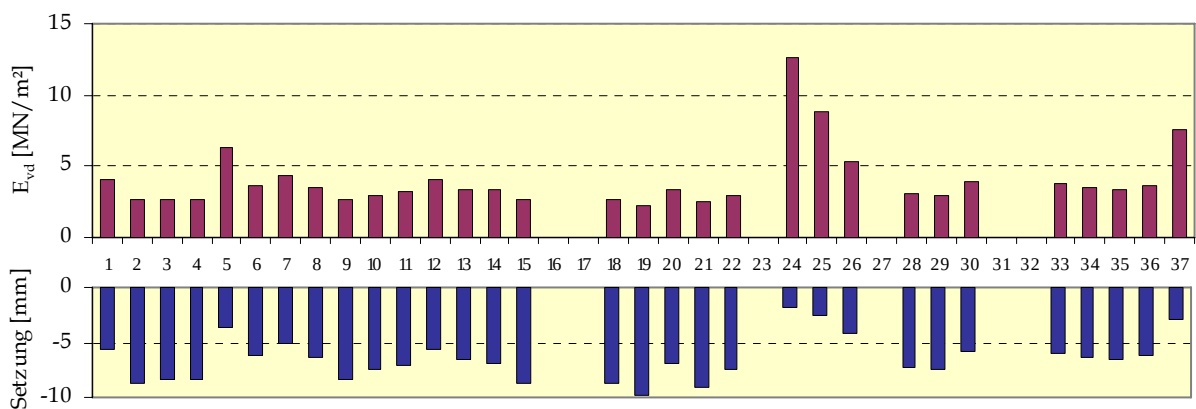


Abb.164: Ergebnisse des Versuches mit der dynamischen Lastplatte im Märzpark nach Baumnummern; oben: E_{vd} Werte; unten: Setzung während der Tragfähigkeitsprüfung;

Nur die Ergebnisse der Bäume in den Baumscheiben mit den Nummern 5, 24, 25, 26, und 37 fielen mit Werten zwischen 5,3 und 12,6 MN/m^2 etwas besser aus. Die übrigen Standorte innerhalb der Vegetationsflächen sind allesamt stark verformbar, wodurch an stärker belasteten Stellen mit Bodenverdichtungen zu rechnen ist. Dementsprechend wurde auch der Richtwert der FLL, 2004 von mindestens 25 MN/m^2 von keinem der Messergebnisse erreicht.

Märzpark			
Baumnummer	E _{vd}	Setzung	4
1	4	5,6	
2	2,6	8,7	
3	2,7	8,3	
4	2,7	8,3	
5	6,3	3,6	
6	3,6	6,3	
7	4,4	5,1	
8	3,5	6,4	
9	2,7	8,3	
10	3	7,5	
11	3,2	7,0	
12	4	5,6	
13	3,4	6,6	
14	3,3	6,8	
15	2,6	8,7	
18	2,6	8,7	
19	2,3	9,8	
20	3,3	6,8	
21	2,5	9,0	

22	3	7,5	
24	12,6	1,8	
25	8,8	2,6	
26	5,3	4,2	
28	3,1	7,3	
29	3	7,5	
30	3,9	5,8	
33	3,8	5,9	
34	3,5	6,4	
35	3,4	6,6	
36	3,6	6,3	
37	7,6	3,0	

Abb.165: Dynamischer Verformungsmodul [MN/m²] und durchschnittliche Setzung [mm] während der Tragfähigkeitsprüfung im Märzpark;

...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

4 ...FLL, 2004

6.3.6. Ergebnisse: Wasserdurchlässigkeit

Die Ergebnisse der Ausschüttversuche in den beiden Parkanlagen zeigen Wasserdurchlässigkeiten innerhalb der Bereiche sehr gering durchlässig, gering durchlässig und mittel durchlässig (nach: PREGL, 1998). Im Märzpark liegen 9 der insgesamt 14 Versuchsergebnisse im gering durchlässigen Bereich. Auch im Schubertpark sind 3 der 5 beprobten Standorte gering durchlässig.

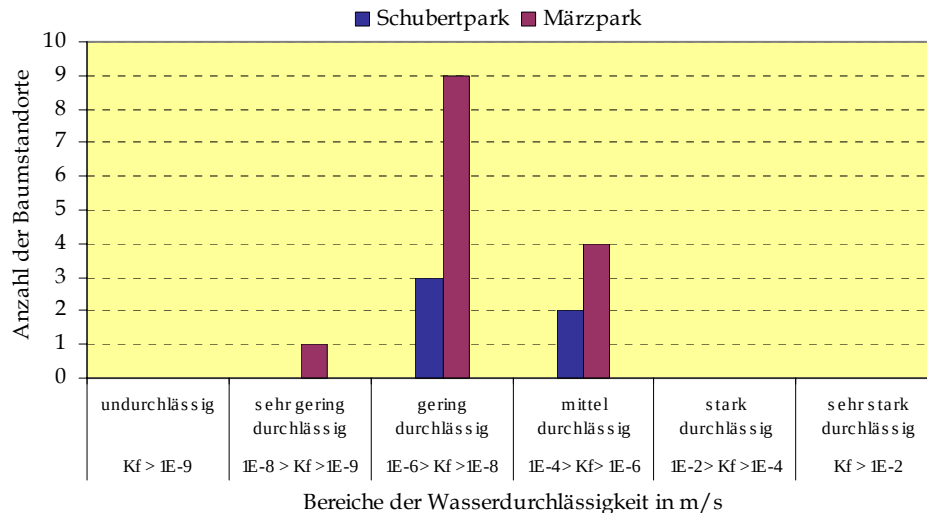


Abb.166: Bereiche der Wasserdurchlässigkeit der beprobten Standorte im Märzpark und Schubertpark (nach: PREGL, 1998)

Der Ausschüttversuch liefert nur ungefähre Werte der Wasserdurchlässigkeit von Böden. Liegen die abgeschätzten Werte jedoch weitab von den Mindestanforderungen, können dennoch Beurteilungen in Bezug auf die Wasserdurchlässigkeit durchgeführt werden. Die Richtwerte aus der Literatur geben Abflussbeiwerte von mindestens 10^{-6} bis 10^{-5} m/s vor (siehe Abb.167).

	Dachbegrünungen		Baumsubstrate			Wiener Modell
Literatur	ONR 121131, 2008	FLL, 2008	LIESECKE/HEIDGER, 2000	FLL, 2004	ZTV Vegtra Mü, 2008	FLORINETH et. al., 2000
Wasserdurchlässigkeit*	$\geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s = 0,0005 cm/s	$\geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s = 0,0005 cm/s $\leq 5 \cdot 10^{-4}$ m/s	$1 \cdot 10^{-3}$ cm/s = $1 \cdot 10^{-5}$ m/s	$\geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	$> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s	-

Abb.167: Richtwerte für die Wasserdurchlässigkeit von Baumsubstraten und Vegetationstragschichten intensiver Dachbegrünungen; *... Wasserdurchlässigkeit bei gesättigten Bodenverhältnissen

Da die Temperaturverhältnisse Einfluss auf die Wasserdurchlässigkeit haben, wurden Boden-, Luft- und Wassertemperatur während der Versuchsdurchführung an mehreren Stellen gemessen und als Mittelwerte unter Versuchsbedingungen in den Ergebnistabellen angegeben.

6.3.6.a. Schubertpark

Im Schubertpark wurden Bereiche mit sehr geringen Wasserdurchlässigkeiten vorgefunden. Hier entsprechen 3 von 5 Proben keinem der angeführten Vergleichswerte. Die Mindestwasserdurchlässigkeit nach LIESECKE/HEIDGER, 2000 und der ZTV-Vegtra-Mü, 2008 wurde an keinem Versuchsstandort erreicht. Ein Versuchsdurchgang erfüllte mit $9 \cdot 10^{-6}$ m/s die Kennwerte nach der FLL, 2004 und der FLL, 2008, sowie der ONR 121131, 2008. Ein weiteres Ergebnis von $2 \cdot 10^{-6}$ m/s gilt zumindest nach der FLL, 2004 als ausreichend.

Schubertpark						
Baumnummer	K _r -Wert*	1	2	3	4	5
1	9*10 ⁻⁶					
5	8*10 ⁻⁸					
10	2*10 ⁻⁶					
11	4,5*10 ⁻⁷					
12	6*10 ⁻⁷					

Abb.168: Wasserdurchlässigkeit [m/s] des Oberbodens im Schubertpark;

■ ...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

- 1 ...ONR 121131, 2008
- 2 ...FLL, 2008
- 3 ...LIESECKE/HEIDGER, 2000
- 4 ...FLL, 2004
- 5 ...ZTV-Vegtra-Mü, 2008

*...K_r-Wert bei folgenden Versuchsbedingungen:

Lufttemperatur: 9,7 °C, Wassertemperatur: 14 °C, Bodentemperatur: 11 °C;

6.3.6.b. Märzpark

10 von insgesamt 14 Versuchen im Märzpark ergaben für sämtliche Autorenangaben zu geringe Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von weniger als 10^{-5} m/s. Vier dieser Werte unterschreiten die Anforderungen stark. Der geringste Wert liegt hier bei weniger als 10^{-8} m/s, das ist um mehr als das hundertfache weniger als der „toleranteste“ Mindestwert für die Wasserdurchlässigkeit der FLL, 2004!

Märzpark						
Baumnummer	K _r -Wert*	1	2	3	4	5
1	1,3*10 ⁻⁸					
2	1,7*10 ⁻⁷					
4	1,9*10 ⁻⁷					
5	5,5*10 ⁻⁸					
6	8,5*10 ⁻⁷					
11	5*10 ⁻⁷					
14	1,5*10 ⁻⁶					
18	8,5*10 ⁻⁸					
21	6*10 ⁻⁶					
22	1,2*10 ⁻⁶					
24	9*10 ⁻⁸					
30	1,5*10 ⁻⁶					
33	< 1*10 ⁻⁸					
34	1,4*10 ⁻⁷					

Insgesamt erreichte eine Baumscheibe die Anforderungen nach der FLL, 2004, der ONR 121131, 2008 und der FLL, 2008. An drei weiteren Standorten wurden Wasserdurchlässigkeiten gemessen, die zumindest den Vorgaben der FLL, 2004 entsprechen.

Abb.169: Wasserdurchlässigkeit [m/s] des Oberbodens im Märzpark;

■ ...Messwerte entsprechen den Richtwerten nach:

- 1 ...ONR 121131, 2008
- 2 ...FLL, 2008
- 3 ...LIESECKE/HEIDGER, 2000
- 4 ...FLL, 2004
- 5 ...ZTV-Vegtra-Mü, 2008

*...K_r-Wert bei folgenden Versuchsbedingungen:

Lufttemperatur: 9,8 °C, Wassertemperatur: 14 °C, Bodentemperatur: 11,6 °C;

7. DISKUSSION UND VORSCHLÄGE FÜR DIE PRAXIS

Die Auswertung der Bodenproben aus dem Schubertpark und Märzpark zeigt **schwere Mängel des verwendeten Oberbodens** auf. Die primäre Ursache liegt hier an der Zusammensetzung des Materials, welches die maximalen Gehalte an Feinanteilen der Vergleichsdaten um das Doppelte bis Dreifache übersteigen. Durch die Beanspruchung aber vermutlich auch schon durch den Einbau des Materials kam es zu starken Verdichtungen, sodass dieses für Bodenluft und -wasser nur noch schwer passierbar ist. Beim Bodenaufbau der beiden Tiefgaragenbegrünungen orientierte man sich an der Studie „Wiener Modell“, wobei die oberste ca. 50 cm starke Oberbodenschicht nach anderen Kriterien ausgewählt worden ist. Auch die empfohlene Unterbodenschicht aus dieser Studie entspricht aufgrund eines zu hohen Feinanteils nicht den geltenden Richtlinien für Dachbegrünungen. Die Autoren verweisen jedoch auf die guten strukturellen und wasserspeichernden Eigenschaften des empfohlenen Löss-Materials, vorausgesetzt es wird fachgerecht eingebaut. Aufgrund der Tatsache, dass eigentlich kein Tiefgaragenaufbau existiert, welcher zur Gänze dem „Wiener Modell“ entspricht, kann über dessen tatsächliche Eignung für diese Form der Bauwerksbegrünung keine Aussage getroffen werden.

Die damalige Aufgabenstellung für die Studie von Seiten des Stadtgartenamts war einen Vorschlag für ein Substrat auszuarbeiten, welches sowohl in der Anschaffung sowie in der Erhaltung wenig Kosten verursacht (siehe Problematik mit den Tiefgaragenbetreibern, Kap.3.2.2.). Besonderes Augenmerk wurde auf die Wasserspeicherfähigkeit gelegt um so die künftigen Kosten für die Bewässerung so niedrig wie möglich zu halten. Nun wurden jedoch im Märzpark und im Schubertpark während der Bauphase flächige Bewässerungssysteme eingelegt, welche regelmäßig in Anspruch genommen werden. Für einen stark wasserspeichernden, feinkörnigen Bodenaufbau wie die Lössschicht und den feinkörnigen Oberboden bedeutet eine zu hohe Wassergabe eine ständige Wassersättigung und damit einhergehend den Verlust von luftführenden Porensystemen, die Ausbildung von Stauhorizonten und somit die Zerstörung der strukturellen Eigenschaften des Bodenmaterials. Meiner Meinung nach muss bei der Begrünung von Tiefgaragen eine regelmäßige Bewässerung in den Sommermonaten in Kauf genommen werden. Das sieht auch das Stadtgartenamt so, jedoch passt der eingesetzte Bodenaufbau nicht zu dieser Philosophie.

Selbst wenn nicht regelmäßig gewässert worden wäre, glaube ich nicht daran, dass der Bodenaufbau im Sinne der ursprünglichen Aufgabenstellung „funktioniert“ hätte, da es sich bei Wiener Parkanlagen generell um stark frequentierte Standorte handelt. Durch die starke Belastung ergeben sich zwangsläufig im Laufe der Zeit Einbußen bei den strukturellen Eigenschaften eines solchen Materials (vor allem beim Oberboden).

Oberste Priorität an einem solchen Standort muss die Strukturstabilität mit ausreichend großem und gut verteiltem Porenvolumen haben, was durch die Verwendung von Materialien nach den Parametern der Dachbegrünungslinien FLL, 2008 und ONR 121131 ,2008 erreicht werden kann. Der Aufbau muss in seiner Gesamtheit betrachtet werden, also von der Tiefgaragendecke bis zur Parkoberfläche. Der Einsatz eines eigens gemischten Oberbodens als oberste 50 cm starke Schicht, wie es in Wien häufig zur Anwendung kommt, ist seit längerer Zeit nicht mehr Stand der Technik. Die Anschaffung geeigneter Materialien für Baumsubstrate ist selbstverständlich eine Kostenfrage. In der Regel lohnt es sich jedoch in etwas höhere Herstellungskosten zu investieren als bedingt durch eine schlechte Qualität des Substrats im Nachhinein immer wieder Sanierungsmaßnahmen und Ersatzpflanzungen durchführen zu müssen.

Aufgrund der vorausgegangenen Untersuchungen und Ergebnisse ist der Vorschlag für den Bodenaufbau auf Tiefgaragen folgender:

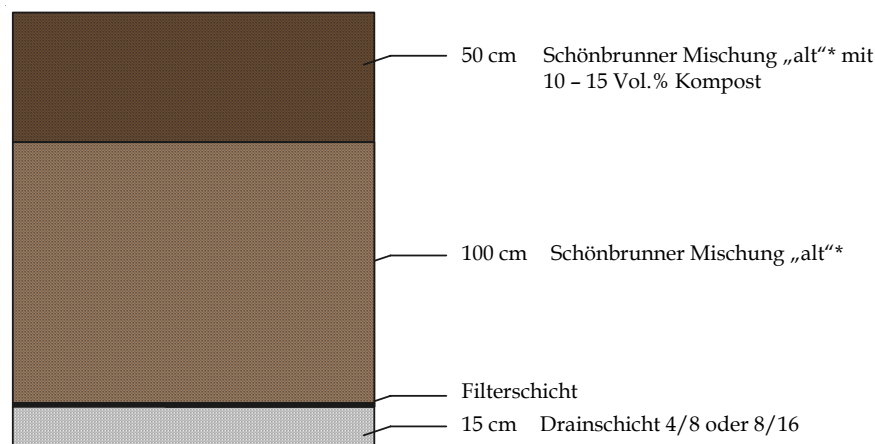


Abb.170: Vorschlag für einen Bodenaufbau auf Tiefgaragen: *...Schönbrunner Mischung „alt“ nach dem Vorbild Seckendorff-Gudent-Weg (siehe Kap. 2.4.2.2.1.): 11% Ton/Schluff, 42% Sand, 47% Kies;

Dieser Bodenaufbau entspricht mit einer Korngrößenverteilung der Vegetationstragschicht von 11% Ton und Schluff, 42% Sand und 47% Kies den Anforderungen der Dachbegrünungsrichtlinien ONR 121131 (2008) und FLL (2008), sowie jenen der Empfehlungen für Baumpflanzungen FLL (2004) und ZTV-Vegtra-Mü (2008).

8. LITERATURVERZEICHNIS

8.1. Bücher und Zeitschriften

- ASCHAUER F. (1996): Vergleichende Untersuchungen mit der statischen und dynamischen Lastplatte. Dipl.-Arb., Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- BACKHAUS G.F., BALDER H., IDCZAC E., (2000): International Symposium on Plant Health in Urban Horticulture. Heft 370, Hrsg.: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin – Braunschweig, Berlin: Parey Buchverlag.
- BALDER H., EHLEBRACHT K., MAHLER E. (1997): Strassenbäume: Planen-Pflanzen-Pflegen am Beispiel Berlin. Berlin: Patzer Verlag.
- BALDER H., STRAUCH K.H., BACKHAUS G.F. (2003): Second International Symposium on Plant Health in Urban Horticulture. Heft 394, Hrsg.: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin – Braunschweig.
- BALDER H. (1998): Die Wurzeln der Stadtbäume: Ein Handbuch zum vorbeugenden und nachsorgenden Wurzelschutz. Berlin: Parey Verlag.
- BERNATZKY A. (1988): Baumchirurgie und Baumpflege, 4.Aufl., Braunschweig: Thalacker Verlag.
- BOOMERS J. (1994): Physiologische Reaktionen von Laubbäumen auf Ozonbetonte Immissionen, erhöhte CO₂-Gehalte und Trockenstress. Magdeburg: Westarp Wissenschaften.
- BRAUN C., ALBERT R., PILLMANN W. (1990): Der Zustand der Wiener Straßenbäume: Interpretation des Kronenzustandes und vergleichende Untersuchung des Mineralstoffhaushaltes. Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Magistrat der Stadt Wien, MA 22 – Umweltschutz, Wien.
- BRUNNER M. (2008): Bäume fordern Architekten und Gartenplaner heraus. Mathias Brunner ag Aktuell. 1/2008: 3.
- BURGHARDT W. (1996): Urbaner Bodenschutz. Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen bodenkundlichen Gesellschaft. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- CAMPBELL N.A. (1997): Biologie. 2.Aufl., Berlin-Heidelberg-Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- DOBNER M. (1993): Bäume im Lebensraum Stadt: Strassen und Plätze – Extremstandorte. Hrsg.: Amt für Grünordnung und Naturschutz Augsburg, Serie: Augsburger ökologische Schriften 3. Augsburg: Wißner Verlag.

- DUJESIEFKEN D., KOCKERBECK P. (2008): Jahrbuch der Baumpflege 2008: Braunschweig: Haymarket Media.
- DUJESIEFKEN D, LIESE W. (2008): Das CODIT-Prinzip: Von den Bäumen lernen für eine fachgerechte Baumpflege. Braunschweig: Haymarket Media.
- FLORINETH F., BLUM W., WIENER S., MÖCSÉNYI M.,(2000): Bodenaufbau über Tiefgaragen für einen ökologisch wirksamen Baumbestand in öffentlichen Parkanlagen der Stadt Wien - Wiener Modell. Gutachten im Auftrag der Stadt Wien, Magistratsabteilung 42 – Stadtgartenamt, Wien: Magistratsabteilung 22–Umweltschutz.
- FLORINETH F., MARGELIK E. (2003): Vegetationstechnik: Studienblätter zur Vorlesung Studienjahr 2003/2004. Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur Wien (Hrsg.).
- FLORINETH F. (2004): Pflanzen statt Beton: Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik. Berlin – Hannover: Patzer Verlag.
- FLORINETH F., KLOID F., ASTLEITNER D. (2008): Vegetationstechnik: Studienblätter zur Vorlesung Studienjahr 2008/2009. Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur Wien (Hrsg.).
- FLORINETH, F. (2008): Bäume auf Tiefgaragen. In: Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (Hrsg.): Tagung: Freiraum.Grünraum.Bauen.Erhalten. Wien: Eigenverlag der Universität für Bodenkultur, Wien, 17-20.
- FREY W.; LÖSCH R. (1998): Lehrbuch der Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Stuttgart –Jena – Lübeck – Ulm: Gustav Fischer.
- FRÖHLICH H.J. (2005): Vitalisierung von Bäumen. Bonn: Deutsche Stiftung Denkmalschutz, Monumente Publikationen.
- GILGE R. (2004): Untersuchung verschiedener Bodensubstrate für die Eignung zur Gehölzpflanzung im Stadtgebiet, Dipl.-Arb., Univ. für Bodenkultur, Wien.
- GROß W. (2005): European tree worker. European Arboricultural Council (Hrsg.). 5.Aufl., Berlin: Patzer Verlag.
- HARTGE K.H., HORN R. (1992): Die physikalische Untersuchung von Böden. 3.Aufl., Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- JUST K.D. (1992): Untersuchung von Wachstum und Vitalität an Bäumen im Braunschweiger Stadtgebiet. Diss., Techn. Univ. Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig.
- KALUSCHE D. (1996): Ökologie in Zahlen: eine Datensammlung in Tabellen mit über 10.000 Einzelwerten. Stuttgart: G. Fischer Verlag.

- KIERMEIER P., EHREN v.L. (2008) : LvE – Lorenz von Ehren: Sortimentskatalog, 3.Auflage. Hamburg.
- KLUG P. (2005): Vitalität und Entwicklungsphasen bei Bäumen. proBaum 1/2005: 1-4.
- KÖSTLER J., BRÜCKNER E., BIBELRIETHER H. (1968): Die Wurzeln der Waldbäume: Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa: mit 20 Tabellen. Hamburg: Parey Buchverlag.
- KRAFT M. (2006): Zustandsanalyse von Jungbäumen im Stadtgebiet Wolkersdorf. Dipl.-Arb., Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- KRUPKA B. (1992): Dachbegrünung – Pflanzen- und Vegetationsanwendung an Bauwerken. Serie: Handbuch des Landschaftsbaus. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- KRÜSSMANN G. (1997): Die Baumschule: Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz von Baumschulpflanzen. 6.Aufl., Berlin: Parey Buchverlag.
- KUTSCHEIDT J. (2008): Mykorrhiza-Impfstoffe zur Pflanzung und Baumsanierung. In: ROLOFF A., THIEL D., WEISS H. (Hrsg.): Aktuelle Fragen der Baumpflege und Stadtböden als Substrat für ein Baumleben: Tagungsband zu den Dresdner StadtBaumtagen 2008-09-18. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden. 142-149.
- KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E. (2002): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. 6.Band, Graz-Stuttgart: Leopold Stocker Verlag.
- LARCHER W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen, 5.Aufl., Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- LEITSCH E. (2008): Baumpflanzungen aus baumpflegerischer Sicht: Planung – Pflanzung – Abnahme – Fertigstellungspflege. In: ROLOFF A., THIEL D., WEISS H. (Hrsg.): Aktuelle Fragen der Baumpflege und Stadtböden als Substrat für ein Baumleben: Tagungsband zu den Dresdner StadtBaumtagen 2008-09-18. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden. 98-104.
- LIESECKE H.J., HEIDGER C. (2000): Substrate für Bäume in Stadtstraßen - Teil 1: Darstellung und Beurteilung der Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben des BMV "Bäume in Stadtstraßen". Stadt und Grün 49 :463-470.
- LIESECKE H.J., HEIDGER C. (2000): Substrate für Bäume in Stadtstraßen - Teil 2: Diskussion der Ergebnisse und Ableitung eines Anforderungsprofils. Stadt und Grün 49, 07/2000: 620-624.

- LYR H., FIEDLER H. J., TRANQUILLINI W. (1992): Physiologie und Ökologie der Gehölze. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- MALEK J. v., WAWRIK H. (1985): Baumpflege – Pflanzung und Pflege von Straßenbäumen. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- MATTERBERGER, E. (1995): Systemvergleich verschiedener Baumkataster, Dipl.-Arb., Univ. für Bodenkultur, Wien.
- MEYER F. H. (1998): Bäume in der Stadt. 2.Aufl., Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- MÜCKENHAUSEN E. (1993): Die Bodenkunde: und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und pedrologischen Grundlagen. 4.Aufl., Frankfurt am Main: DLG-Verlag.
- NIESEL A. (2002): Bauen mit Grün: Die Bau- und Vegetationstechnik des Landschafts- und Sportplatzbaus. 3.Aufl., Berlin – Wien: Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschaftsverlag.
- ÖSTERREICHISCH FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT STRASSE UND VERKEHR (Hrsg.) (2003): Der dynamische Lastplattenversuch mit dem Leichten Fallgewichtsgesetz. fsv-aktuell. Heft 533. Wien.
- PREGL O. (1998): Handbuch der Geotechnik; Bd. 9: Wasser im Untergrund – Frost im Untergrund. 5. Aufl., Wien: Eigenverlag des Institutes für Geotechnik, Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- PREGL O. (2000): Handbuch der Geotechnik; Bd. 7: Zusammensetzung, Zustand und Struktur von Gesteinen. Wien: Eigenverlag des Institutes für Geotechnik, Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- PRÜGL J. (2000): Herstellung von Baumsubstraten und Praxiserfahrungen. Gräffling: Eigenverlag Münchner Gehölzinstitut.
- REUTER M. (2004): Möglichkeiten der Jahrring- und Triebblängenanalyse am Beispiel der Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum* L.). Dipl.-Arb., Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- ROLOFF A. (2001): Baumkronen: – Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- ROLOFF A., THIEL D., WEISS H. (2007): Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege: Tagungsband zu den Dresdner Stadtbaumtagen 16.03.2007. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden.
- ROLOFF A., THIEL D., WEISS H. (2008): Aktuelle Fragen der Baumpflege und Stadtböden als Substrat für ein Baumleben: Tagungsband zu den Dresdner

StadtBaumtagen 2008-09-18. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung
Forstwissenschaften der TU Dresden.

- ROLOFF A, BONN S., GILLNER S. (2007): Baumartenwahl und Gehölzverwendung im urbanen Raum unter Aspekten des Klimawandels. In: Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege: Tagungsband zu den Dresdner Stadtbaumtagen 16.03.2007. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden. 96-107.
- ROLOFF A., RUST S. (2007): Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadtbäume. In: ROLOFF A., THIEL D., WEISS H. (Hrsg.): Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege: Tagungsband zu den Dresdner Stadtbaumtagen 16.03.2007. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden. 40-46.
- SCHEFFER F., SCHACHTSCHABL P., BLUME H.P. (2009): Lehrbuch der Bodenkunde. 16.Aufl., Heidelberg – Neckar: Spektrum Akademischer Verlag.
- SCHMIDT S. (2008): Die Schönbrunner Mischung: ein einfach herstellbares Substrat für Baumstandorte im Straßenraum. hblfa schönbrunn – schönbrunner gartenblatt. 1/2008.
- SCHÖNFELD P. (2006): Baumpflanzungen in der Stadt: nach den Regelwerken der FLL und ZTV-Vegtra-Mü. Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege 94, 07/2000: 11-20.
- SCHROEDER (1992): Bodenkunde in Stichworten. 5.Aufl. Berlin-Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- SUKOPP H. (1998): Stadtökologie: Ein Fachbuch für Studium und Praxis. 2.Aufl., Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- VAKA E. (1997): Bearbeitung des Bandes "Wasser im Untergrund; Frost und Wärme im Untergrund" des Handbuches der Geotechnik. Dipl.-Arb., Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- VONTOBEL A. (2007): Mein Freund der Baum...?: Brüglinger Garten- und Parkpflegetage. g`plus die Gärtner-Fachzeitschrift 1/2007: 14-15.
- WESSOLY L., WEIGEL B. (1996): Standsichere und vitale Bäume auf einer Tiefgarage. Stadt und Grün 2/1996: 110-113.
- WITTIG, R.(1998):Stadtökologie, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

8.2. Technische Regelwerke

- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG
LANDSCHAFTSBAU e.V. (FLL) (Hrsg.) (2004): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2: Standortvorbereitung für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate., 1.Aufl., Bonn.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG
LANDSCHAFTSBAU e.V. (FLL) (Hrsg.) (2004): Gütebestimmungen für Baumschulpflanzen., Aufl. 2004, Bonn.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG
LANDSCHAFTSBAU e.V. (FLL) (Hrsg.) (2008): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen: Dachbegrünungsrichtlinie 2008. .Aufl. 2008, Bonn.
- ON-REGEL 121131 (2008): Qualitätssicherung im Grünraum - Gründach: Richtlinien für die Planung, Ausführung und Erhaltung. Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.). Wien.
- RVS 11.062 (1997): ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT STRAßE UND VERKEHR (FSV) (Hrsg.) (1997): RVS 11.062: Grundlagen Prüfverfahren Steinmaterial. Wien.
- ZTV-Vegtra-Mü (2008): Zusätzliche technische Vorschriften zur Herstellung und Einbau verbesserter Vegetationstragschichten. LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN – BAUREFERAT - GARTENBAU (Hrsg.).

8.3. Internet

- BRUNS (2009): Bruns Pflanzen: Sortimentkatalog 2009/2010. Online: http://www.bruns.de/4_618.php
- HEIDGER C. (2004): Wurzeln sind lenkbar !: Ergebnisse eines zehnjährigen Forschungsvorhabens zur Optimierung des Wurzelraumes von Bäumen in Straßen. Online: http://www.baumpflegeschweiz.ch/pdf/system_heidger.pdf. (08.05.2009).
- DACHGRÜN: Produktkatalog. Online: <http://www.dachgruen.at/> (04.05.2009).
- OPTIGRÜN DIE DACHBEGRÜNER: Produkte. Online: <http://www.optigruen.de/Produkte/Dachbegruenung.html> (03.05.2009).

- STÄNDIGE KONFERENZ DER GARTENAMTSLEITER BEIM DEUTSCHEN STÄDTETAG (2006): Straßenbaumliste 2006:GALK-Arbeitskreis Stadtbäume Online: www.galk.de (21.03.2009).
- TRIANTAFYLLIDIS, T.: Arbeitsblätter für Bodenmechanik - Lehrstuhl für Grundbau und Bodenmechanik, Ruhr-Universität Bochum: Bodenklassifizierung und Beschreibung. Online: http://nutrimatic.gub.ruhr-uni-bochum.de/Skripte-Auslagerung/Kapitel01_12_Austauschseiten%2038-46.pdf. (24.08.2009).
- UEHRE, P. (2000): Neue Meß- und Kontrollmethode für Stämme von Alleeebäumen am GZ Wolbeck entwickelt.
Online:<http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/Hortigate.woa/1/wo/7MjNVYNt1bgbtjJzvbmncg/7.5.6.13.23.1.1.1.11.1> (04.07.2009).
- WIEN.AT: Infos und Services aus der Wiener Stadtverwaltung. Online: www.wien.gv.at/ (16.12.2008).
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK WIEN (2009): Langjährige Klimadaten.
Online: <http://www.zamg.ac.at/klima/klimadaten/?ts=1253787061> (12.04.2009)
- ZINCO GMBH: Produkte. Online: <http://www.zinco.de/index.php> (04.05.2009)

8.4. Bildernachweis

- Abb.59 bis Abb.68: BECK Michèle, 2009.
- alle Bilder (außer Abb.59 – Abb.68): SCHUECKER Katharina

9. ANHANG

9.1. Wurzelformen

Wurzelformen von Straßen- und Parkbäumen

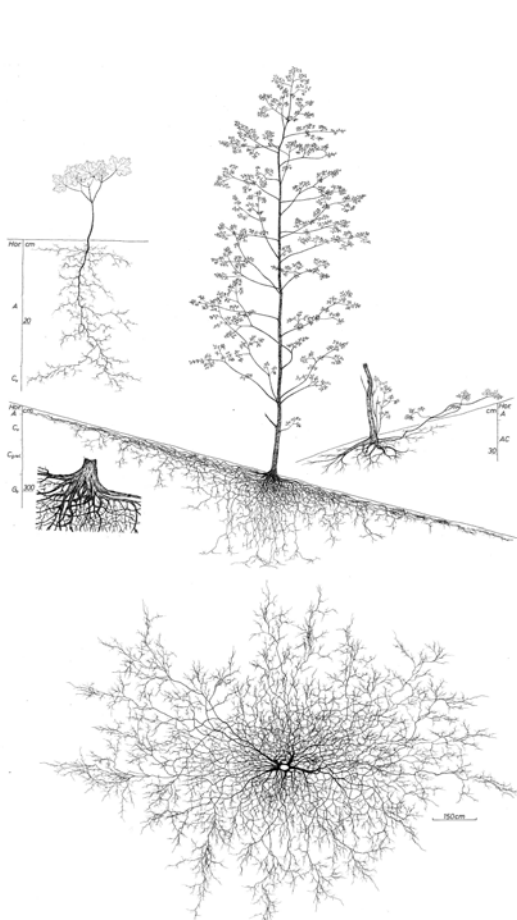
(aus BALDER, 1998; Auszug aus der Tabelle S 141-145; nach SINN, 1982; BRUNS 1993; LORBERG, 1994; verändert: beschränkt auf alle im Schubertpark (SP) und Märzpark (MP) verwendeten Baumarten;)

*...Wurzelform: H...Herzwurzel, P...Pfahlwurzel, S...Senkerwurzel/Flachwurzel, W...Wechsel im Laufe der Lebensalter, M...Mischformen;

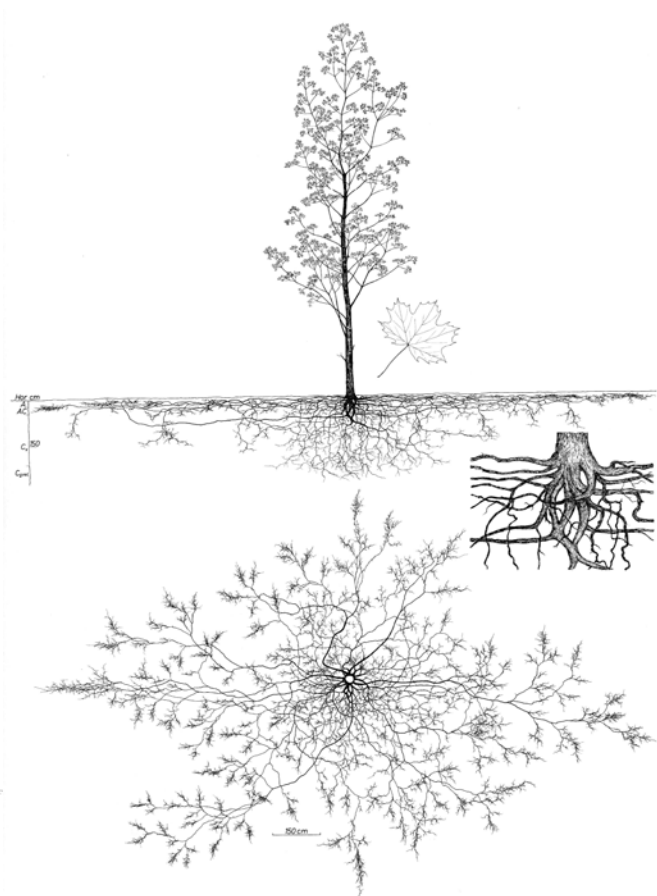
Baumart	Wurzelform*					Wurzelmerkmale / Beschreibung
	H	P	S	W	M	
<i>Acer campestre</i> (SP)	x		x			Unregelmäßige Herz-/Senkerw., auf gutem Boden flach, sonst betont horizontal, innerhalb der Kronentraufe. Dicht verzweigt mit hohem Feinwurzelanteil.
<i>Acer platanoides</i> (MP,SP)	x		x			Flach, Hauptmasse im oberen Horizontalbereich, intensives Feinwurzelwerk. Auf trockenem Standort intensivere tiefere Durchwurzelung.
<i>Aesculus carnea</i> (SP)	x					Tiefgehend, dicht verzweigt, hoher Feinwurzelanteil.
<i>Alnus cordata</i> (SP)	x					Flach, weitverzweigt mit viel Feinwurzeln. Stickstoffsammler.
<i>Catalpa bignonioides</i> (MP)	x					Fleischig dick, wenig Standsicherheit bietend.
<i>Celtis australis</i> (SP)						k.A.
<i>Fraxinus excelsior</i> (SP)	x	x	x		x	Weiteste Wurzelausbreitung von allen heim. Laubbäumen. Von kräftigen, flach liegenden stark brettartigen Hauptseitenwurzeln gehen vertikal Senker in die Tiefe. Starke Wurzelanläufe. Tolerant gg. leichte Übersättigung, nicht gg. Grundwasserabsenkung.
<i>Fraxinus ornus</i> (SP)						k.A.
<i>Gleditsia triacanthos</i> (MP)		x				Dick, fleischig, sehr tief- und weitstreichend, wenig verzweigt. Kein Stickstoffsammler.
<i>Koelreuteria paniculata</i> (MP)						k.A.
<i>Malus spec.</i> (SP)	x					Starke Hauptwurzel, auf Lehm bis 1 m Tiefe, auf Sand bis 1,50 m horizontal wachsende, locker verzweigte Seitenwurzeln. Sehr tolerant gg. Unterpflanzung.
<i>Platanus x acerifolia</i> (MP)	x					Hauptwurzeln tiefgehend und dicht verzweigt, hohe Wurzelmenge, Hauptseitenwurzeln heben Wege- und Straßenbelag. Tolerant sowohl gg. Überflutung als auch Trockenstress.
<i>Prunus avium</i> (MP)	x					Sehr starke Hauptwurzel, überwiegend flach, häufig brettartig. Auf tiefgründigem Sand jedoch > 3m Tiefe erreichbar.
<i>Sophora japonica</i> (SP)						Fleischig, weiträumig und stark verzweigt über Kronentraufe hinaus.
<i>Tilia tomentosa</i> (SP)	x	x				Intensiver als alle heim. Laubbäume außer Bergahorn. 7...8 Jahre Pfahlwurzel, später kräftiges unregelmäßiges Herzwurzelsystem. Hoher Feinwurzelanteil, Wurzelbärte.

Wurzelformen einiger Baumarten

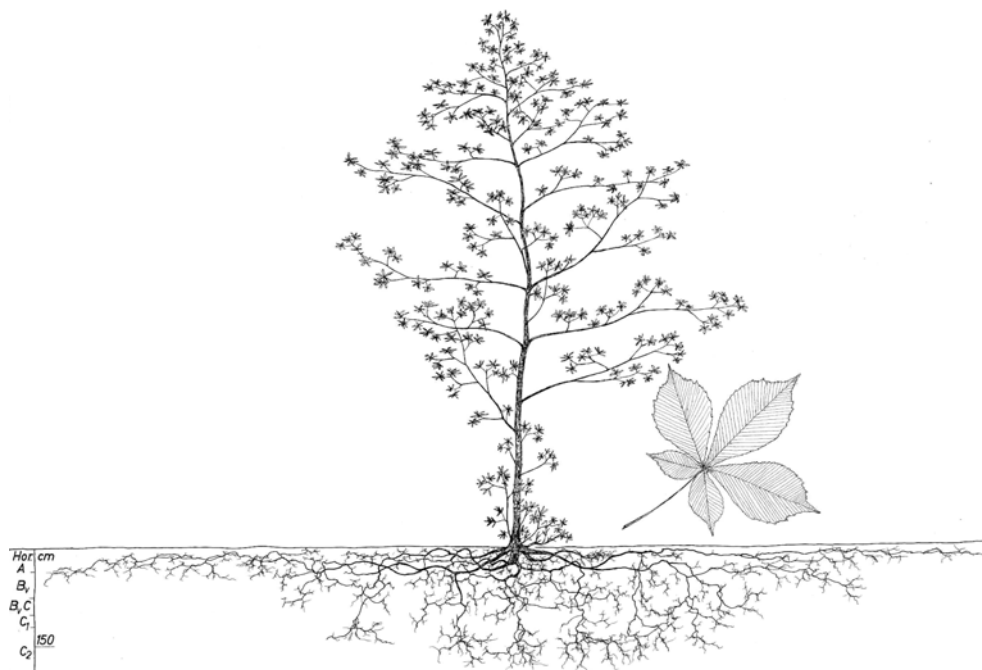
(aus: KUTSCHERA und LICHTENEGGER, 2002)



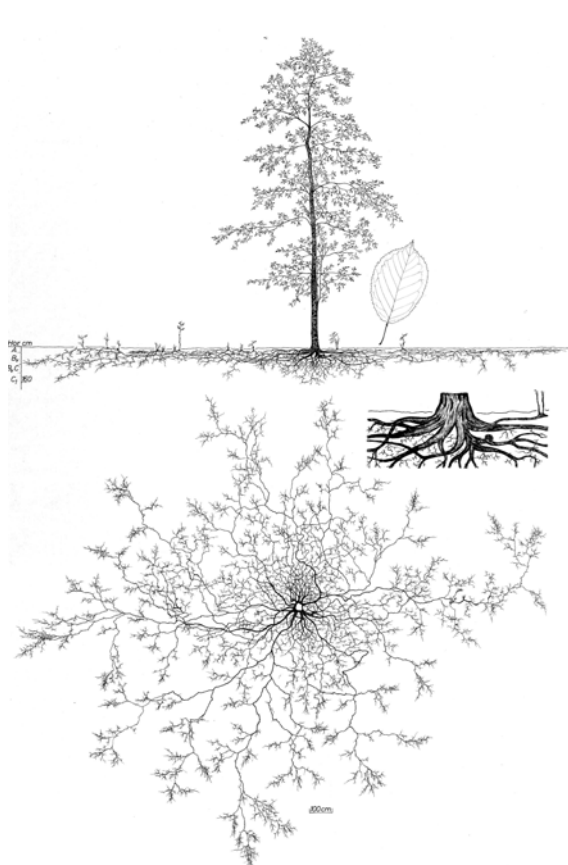
Acer campestre auf Auboden (S. 461)



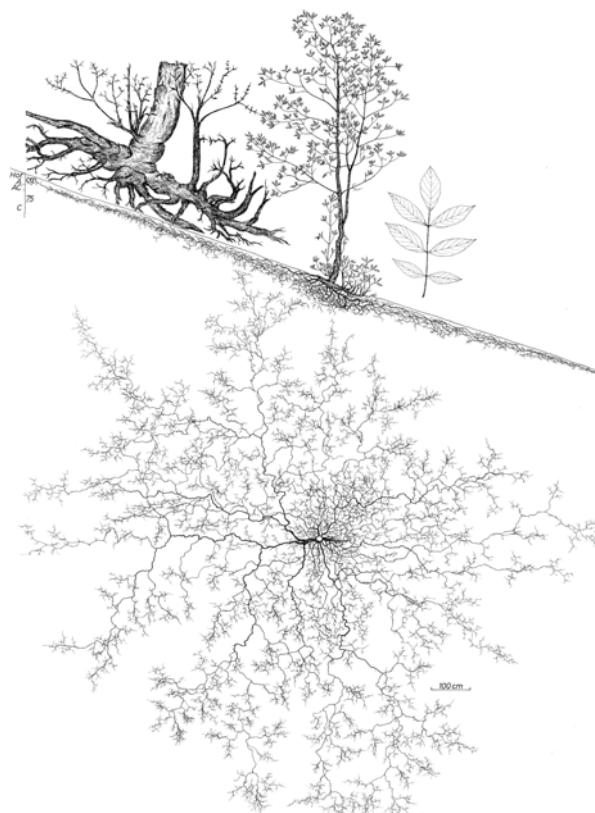
Acer platanoides auf Auboden (S. 463)



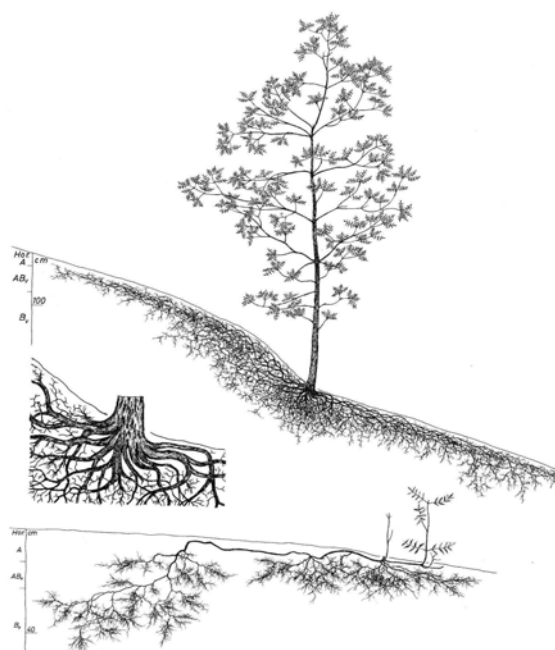
Aesculus hippocastanum auf Lockersediment - Braunerde (S. 470)



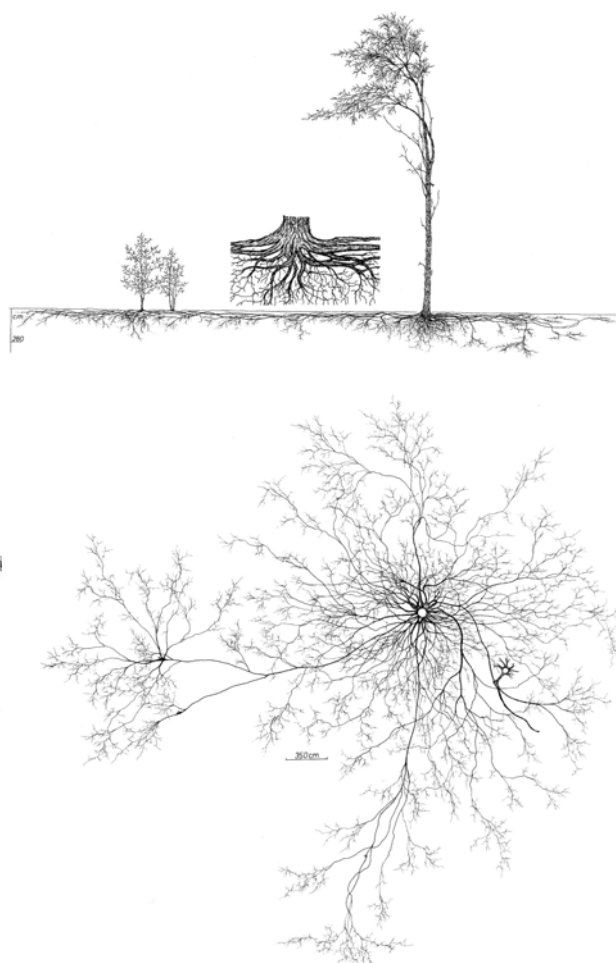
Prunus avium auf Braunerde (S. 594)



Fraxinus excelsior auf Lockersediment - Braunerde (S. 543)



Fraxinus ornus auf Moderrendzina - Kalkschutt (S. 547)



Robinia pseudoacacia auf Braunerde (S. 444)

9.2. Mykorrhiza

Liste der geeigneten Mykorrhiza – Impfstoffe für Baumgattungen

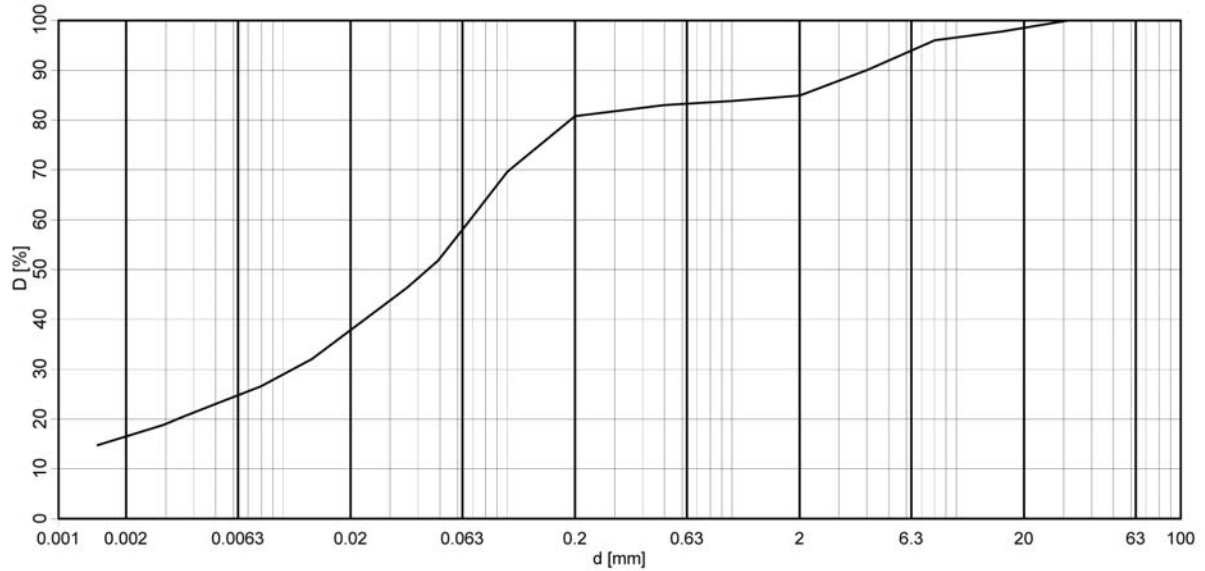
(aus: KUTSCHEIDT, 2008, S. 148; verändert: für die im Schuberpark und Märzpark verwendeten Baumarten)

Baumart	Ekto- mykorrhiza	Endo- mykorrhiza
<i>Acer campestre</i> (SP)		x
<i>Acer platanoides</i> (MP,SP)		x
<i>Aesculus carnea</i> (SP)		x
<i>Alnus cordata</i> (SP)	x	
<i>Catalpa bignonioides</i> (MP)		x
<i>Celtis australis</i> (SP)		x
<i>Fraxinus excelsior</i> (SP)	(x)	x
<i>Fraxinus ornus</i> (SP)	(x)	x
<i>Gleditsia triacanthos</i> (MP)		x
<i>Koelreuteria paniculata</i> (MP)		x
<i>Malus</i> Mill.(SP)		x
<i>Platanus x acerifolia</i> (MP)	(x)	x
<i>Prunus avium</i> (MP)	(x)	x
<i>Sophora japonica</i> (SP)		
<i>Tilia tomentosa</i> (SP)	x	x

9.3. Korngrößenverteilungen

Probe: Schubertpark 1

Schluff, kiesig, feinnittelsandig, tonig

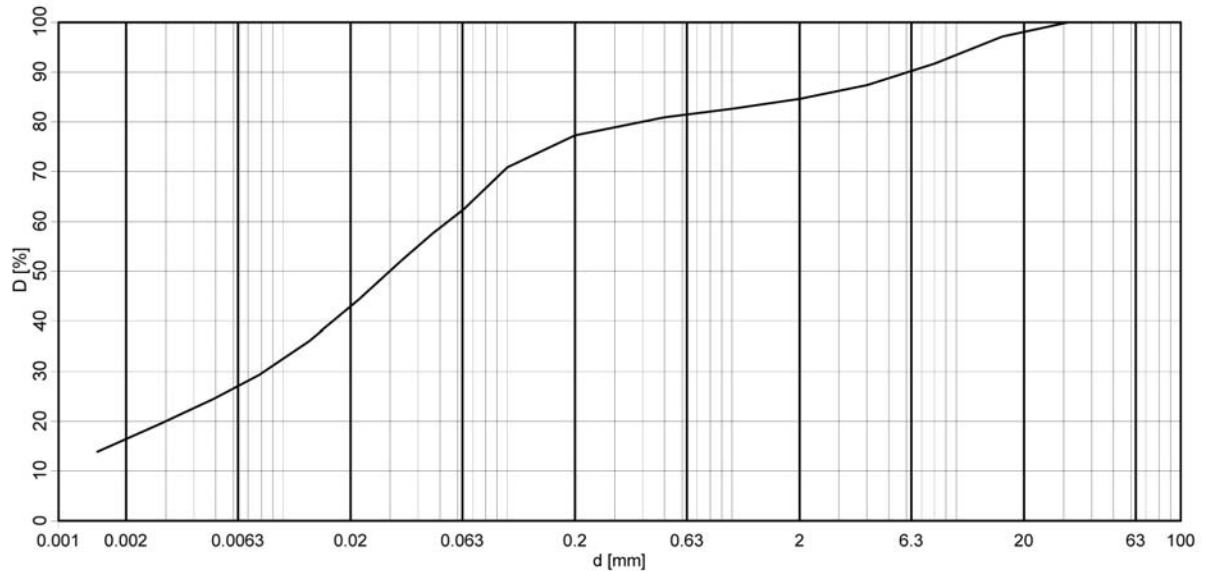


Steine: 0.0 % Kies: 15.1 % Sand: 26.9 % Schluff-Fraktion: 41.5 % Tonfraktion: 16.5 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ U = --- C = --- $d_{10} = \text{---}$ $d_{50} = 0.044 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, g, fms, t

Probe: Schubertpark 5

Schluff, kiesig, feinnittelsandig, tonig

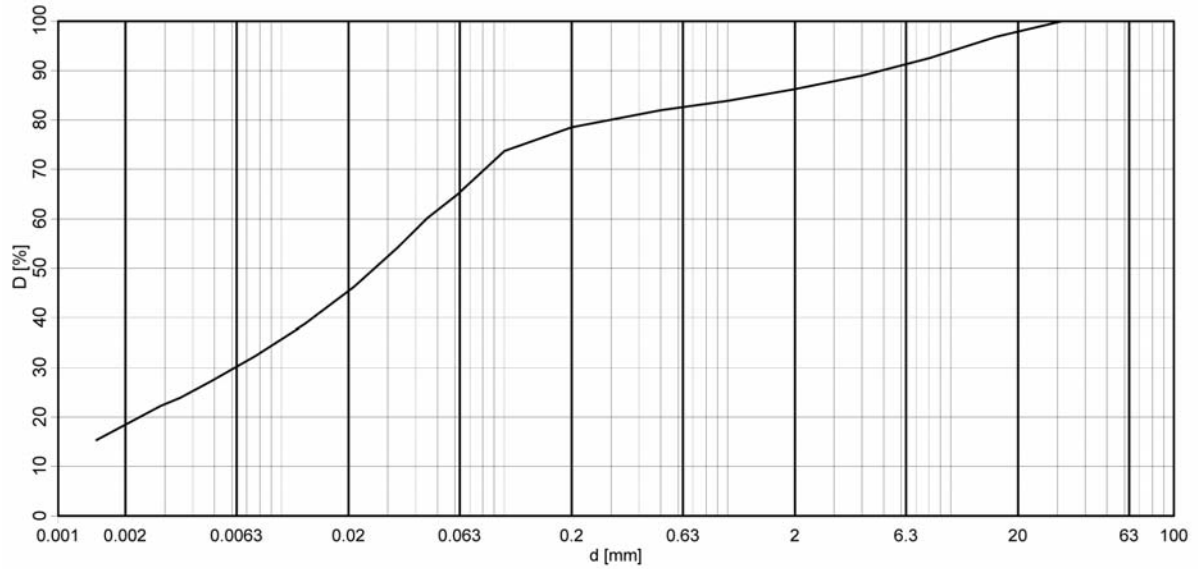


Steine: 0.0 % Kies: 15.4 % Sand: 22.4 % Schluff-Fraktion: 45.8 % Tonfraktion: 16.5 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ U = --- C = --- $d_{10} = \text{---}$ $d_{50} = 0.030 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, g, fms, t

Probe: Schubertpark 10

Schluff, sandig, tonig, schwach kiesig

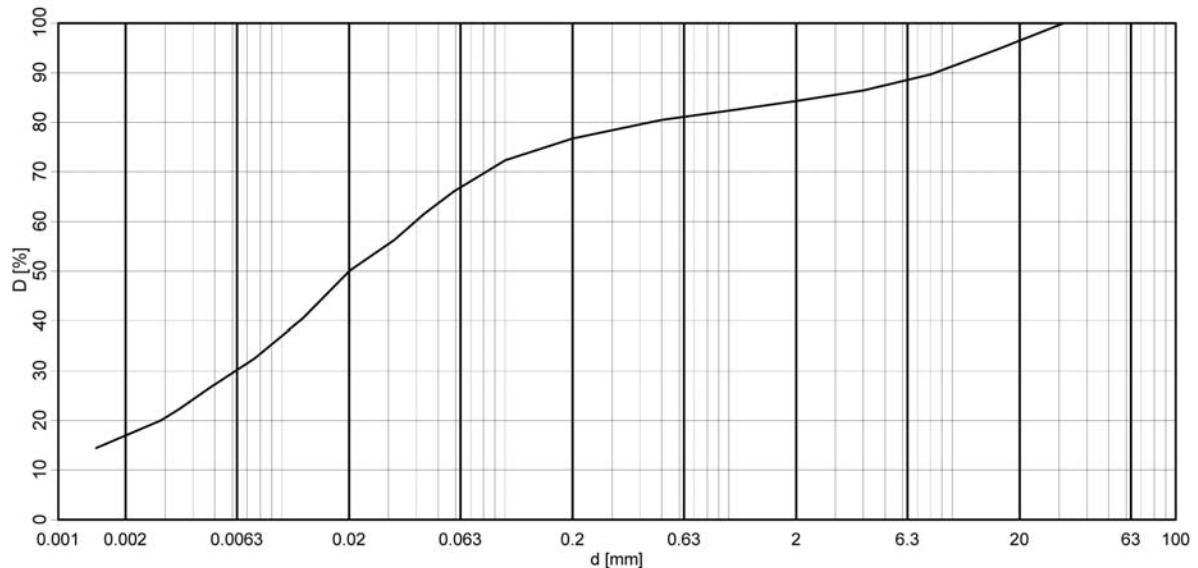


Steine: 0.0 % Kies: 13.7 % Sand: 20.9 % Schluff-Fraktion: 46.9 % Tonfraktion: 18.5 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ U = --- C = --- $d_{10} = \text{---}$ $d_{50} = 0.026 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, s, t, g'

Probe: Schubertpark 14

Schluff, kiesig, sandig, tonig

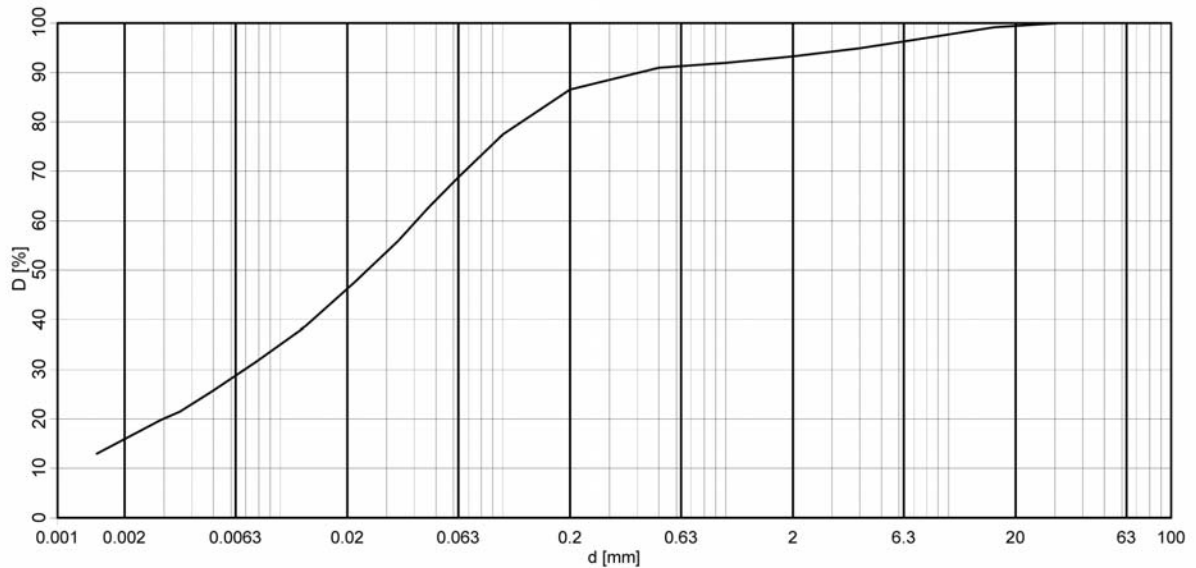


Steine: 0.0 % Kies: 15.7 % Sand: 17.4 % Schluff-Fraktion: 49.9 % Tonfraktion: 17.0 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ U = --- C = --- $d_{10} = \text{---}$ $d_{50} = 0.020 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, g, s, t

Probe: Märzpark 1

Schluff, feinschluffig, tonig, schwach feinschluffig

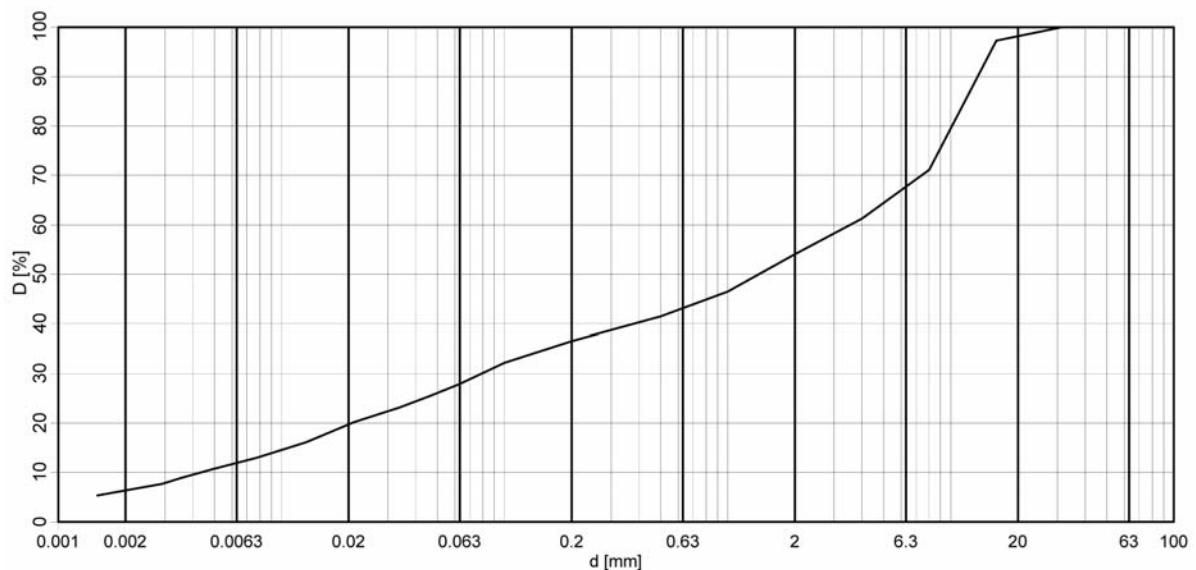


Steine: 0.0 % Kies: 6.7 % Sand: 24.5 % Schluff-Fraktion: 52.8 % Tonfraktion: 16.0 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ $U = ---$ $C = ---$ $d_{10} = ---$ $d_{50} = 0.025 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, fms, t, fmg'

Probe: Märzpark 5

Feinschluff, sandig, schluffig, schwach tonig

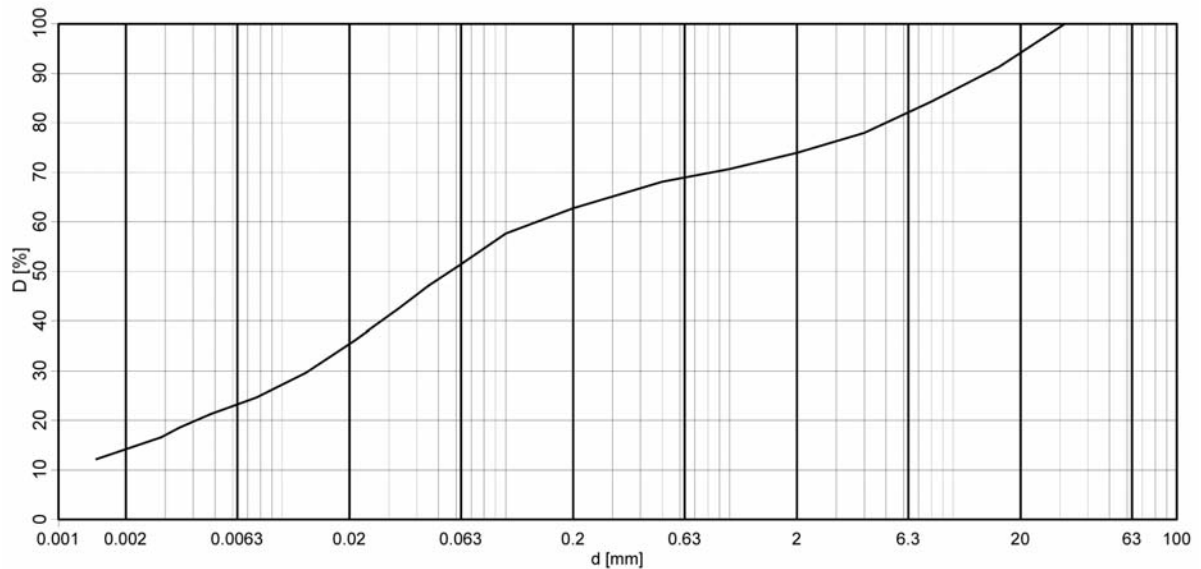


Steine: 0.0 % Kies: 45.9 % Sand: 26.1 % Schluff-Fraktion: 21.5 % Tonfraktion: 6.4 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ $U = 816.8$ $C = 0.4$ $d_{10} = 0.004 \text{ mm}$ $d_{50} = 1.379 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: fmG, s, u, t'

Probe: Märzpark 6

Schluff, kiesig, sandig, schwach tonig

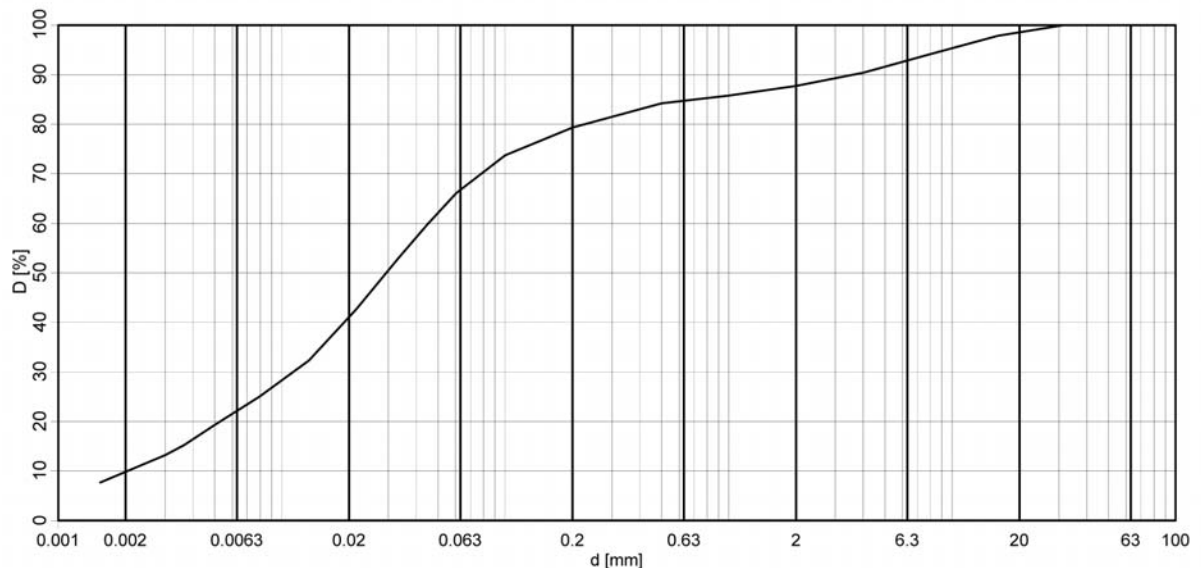


Steine: 0.0 % Kies: 26.1 % Sand: 22.5 % Schluff-Fraktion: 37.3 % Tonfraktion: 14.2 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ $U = \text{---}$ $C = \text{---}$ $d_{10} = \text{---}$ $d_{50} = 0.056 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, g, s, t'

Probe: Märzpark 11

Schluff, feinsandig, schwach feinsandig, schwach tonig

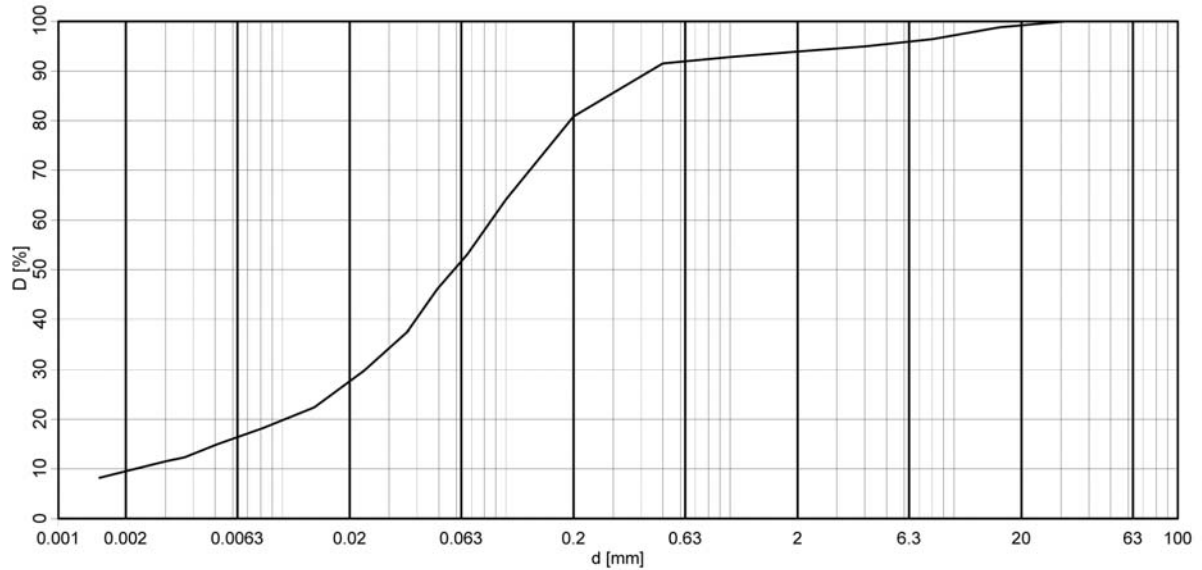


Steine: 0.0 % Kies: 12.3 % Sand: 21.0 % Schluff-Fraktion: 56.9 % Tonfraktion: 9.9 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ $U = 22.3$ $C = 1.4$ $d_{10} = 0.002 \text{ mm}$ $d_{50} = 0.029 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, fms, fmg', t'

Probe: Märzpark 21

Sand-Schluff, stark feinkiesig, schwach tonig

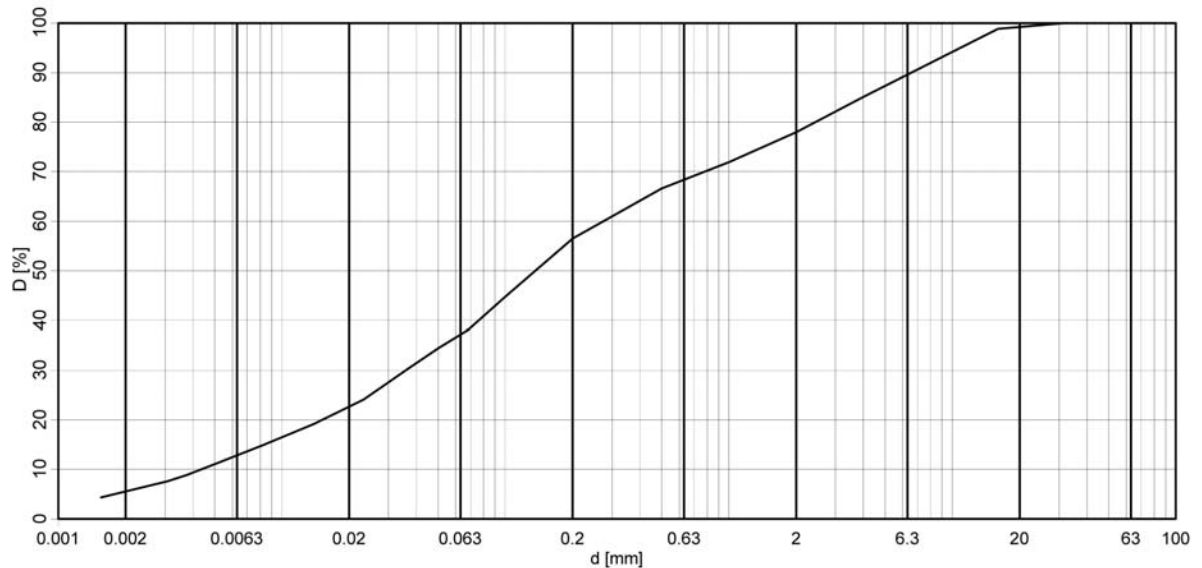


Steine: 0.0 % Kies: 6.1 % Sand: 42.2 % Schluff-Fraktion: 42.1 % Tonfraktion: 9.5 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ $U = 39.2$ $C = 2.9$ $d_{10} = 0.002 \text{ mm}$ $d_{50} = 0.058 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: S-U, fmg', t'

Probe: Märzpark 28

Sand, stark schluffig, feinkiesig, schwach tonig

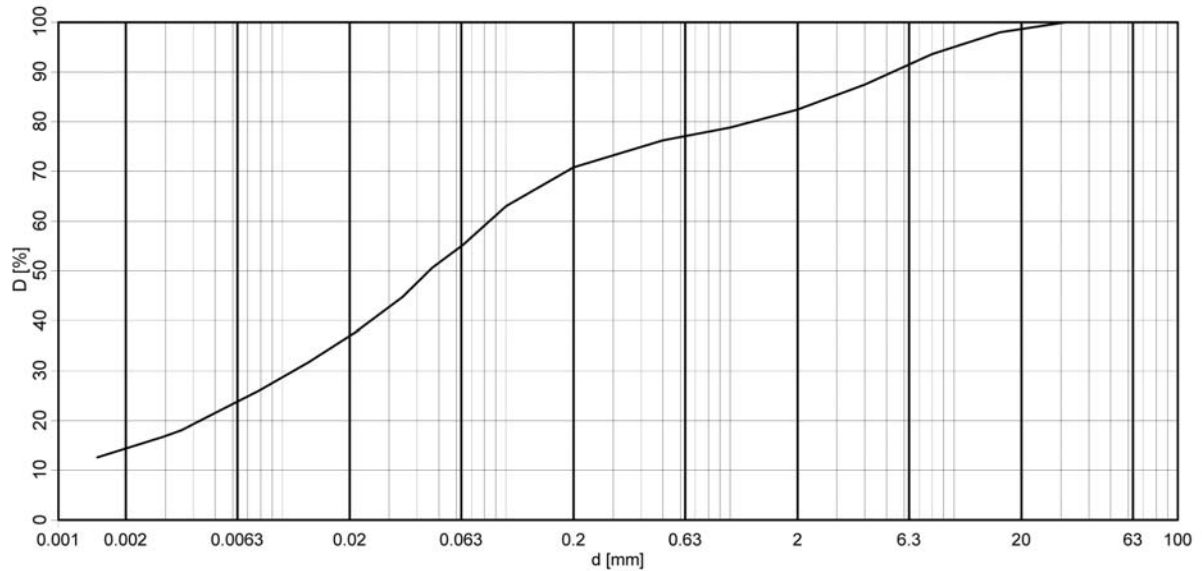


Steine: 0.0 % Kies: 22.0 % Sand: 40.7 % Schluff-Fraktion: 31.7 % Tonfraktion: 5.6 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ $U = 63.2$ $C = 1.1$ $d_{10} = 0.004 \text{ mm}$ $d_{50} = 0.136 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: S, u*, fmg, t'

Probe: Märzpark 30

Schluff, feinsmittelkiesig, sandig, schwach tonig

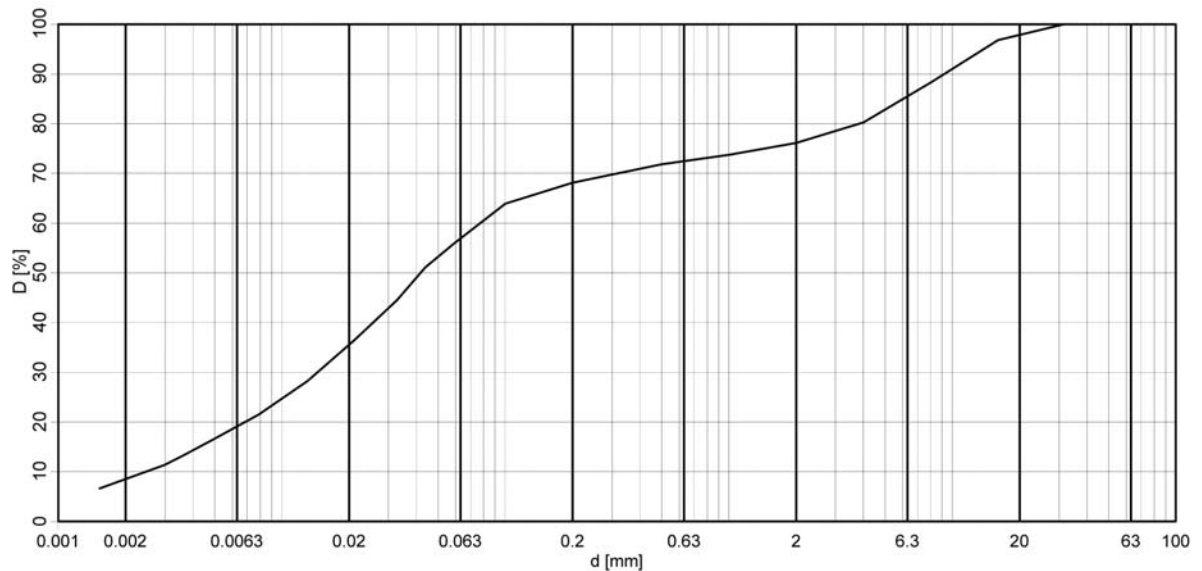


Steine: 0.0 % Kies: 17.6 % Sand: 27.5 % Schluff-Fraktion: 40.6 % Tonfraktion: 14.4 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ U = --- C = --- $d_{10} = \text{---}$ $d_{50} = 0.045 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, fmg, s, t'

Probe: Märzpark 34

Schluff, feinsmittelkiesig, sandig, schwach tonig

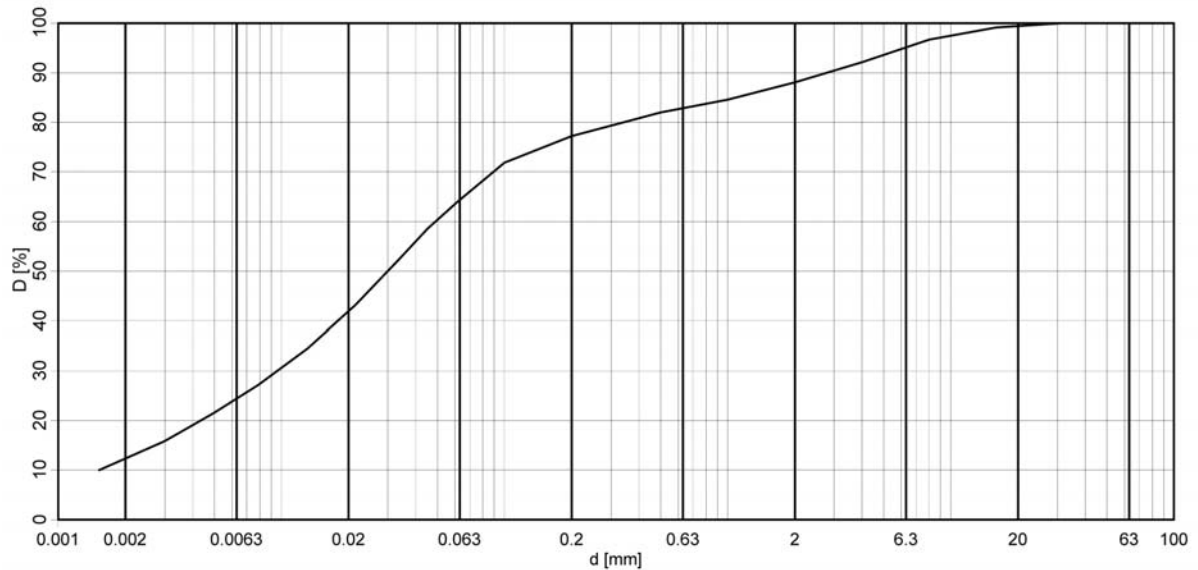


Steine: 0.0 % Kies: 23.9 % Sand: 19.2 % Schluff-Fraktion: 48.4 % Tonfraktion: 8.5 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ U = 31.4 C = 1.1 $d_{10} = 0.002 \text{ mm}$ $d_{50} = 0.042 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, fmg, s, t'

Probe: Märzpark 36

Schluff, sandig, schwach feinkiesig, schwach tonig



Steine: 0.0 % Kies: 11.9 % Sand: 23.7 % Schluff-Fraktion: 52.0 % Tonfraktion: 12.4 %
 $d_{\max} = 35.5 \text{ mm}$ U = --- C = --- $d_{10} = \text{---}$ $d_{50} = 0.030 \text{ mm}$

Bodenbezeichnung: U, s, fmg', t'

9.4. Ergebnisse der Baum- und Bodenuntersuchungen in Tabellenform

Schubertpark - Untersuchungen am Baum																								
BN= Baumnummer			ST-Zw.= Stammzuwachs seit der Pflanzung			Baumschäden:																		
BA= Baumart			STQ=Stammquotient			WS= Wurzelschaden																		
BHB= Baumhöhe / -breite			Jahrestrieblängen			SS= Stammschaden																		
Stammumfang:			JT=Jahrestrieblänge der letzten Veg.periode			KS= Kronenschaden																		
STUPfl=Stammumfang bei Pflanzung			Haupttrieb:			Vit.= Vitalität Braun 2008/2009																		
STU ₉ =Stammumfang 2009			HT ₅ ,HT ₆ ,...= Trieblängen in den Jahren 2005, 2006,...			ÜeH= Übererdungshöhe																		
Charakterisierung			BHB	Stammumfang			STQ	Jahrestrieblängen							Haupttrieb				Schäden			Vit.8	Vit.9	ÜeH
BN	BA	PJ		STPfl	STU ₉	STZw		JT1	JT2	JT3	JT4	JT5	~	HT ₅	HT ₆	HT ₇	HT ₈	WS	SS	KS				
			(m/m)	(cm)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(x)	(x)	(x)	1..5	1..5	(cm)	
1	Malus spec. (abgestorben)	2008	4,5 / 1,3	18/20	19,3		0,89												x		4	4	12↓	
2	Malus spec.	2008	4,9 / 1,2-1,4	18/20	18,9		0,88												x		4	4	12↓	
3	Malus spec.	2008	4,2 / 1-1,2	18/20	19,8		0,83												x		4	4	10↓	
4	Acer platanoides	2005	8,1 / 3,3-3,5	25/30	45	15-20	0,91	38	42	49	37	45	42					x	x	x	2	2	4↓	
5	Tilia tomentosa	2005	7,6 / 2,8-3,4	25/30	47,4	17,4-22,4		56	59	78	85	74	70						x	x	1	2	12↓	
6	Fraxinus ornus	2005	5,8 / 3,1-3,3	25/30	41,8	11,8-16,8	0,95	79	59	37	56	39	54						x	x	2	2	16↓	
7	Fraxinus ornus	2005	5,9 / 2,8-3,5	25/30	29,8	0-4,8	0,92	50	45	33	58	46	46						x		3	3	10↓	
8	Sophora japonica	2005	7,3 / 4,7-4,9	25/30	43,2	13,2-18,2	0,86	46	48	39	45	44	44						x		2	2	13↓	
9	Fraxinus excelsior	2005	5,8 / 1,6					46	55	64	57	52	55						x		2	3	0	
10	Aesculus carnea`Briotii`	2005	6,3 / 2,8-4,1	25/30	42	12-17		10	14	14	17	12	13						x	x	4	4	7↓	
11	Acer campestre	2005	6,4 / 2,7-3,1	18/20	26,1	6,1-8,1	0,86	5,5	6	4	6,5	7	6						x		4	4	0	
12	Fraxinus excelsior	2005	5,9 / 1,6-1,8	18/20	22,4	2,4-4,4	0,87	15	14	13	17	16	15						x		4	4	0	
13	Celtis australis	2005	7 / 3,3-3,9	20/25	35,3	10,3-15,3	0,92	18	23	16	17	28	20						x		3	3	2↓	
14	Alnus cordata	2005	8 / 2,1-2,4	18/20	29	9 -11	0,94	64	49	67	69	58	61						x		3	2	5↓	

Schubertpark - Untersuchung des Baumumfeldes														
BN = Baumnummer					SD= Stauden					Versiegelung:				
Standort:					GH= Gehölze					VS= kürzester Abstand				
BS= Baumscheibe					GK= Gräser/Kräuter					VS%= versiegelte Fläche				
VFl.= Vegetationsfläche					Maßnahmen:					Belastung:				
WgD = Wasserg. Decke					Stz.= Baumstützung					BP= durch Parkbesucher				
RM = Rindenmulch					RS= Rindenschutz					BH= durch Hunde				
Bewuchs:					BR = Bewässerungsröhre									
	Standort				Bewuchs			Maßnahmen			Versiegelung		Belastung	
BN	BS	VFl.	WgD	RM	SD	GH	GK	Stz.	RS	BR	VS	VS%	BP	BH
	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(cm)	%	1..4	1..4
1		x					x	x		x	140	32	3	4
2		x					x	x		x	175	19	3	4
3		x					x	x		x	170	19	3	4
4		x					x			x	200	82	2	4
5		x		x		x				x	130	68	2	3
6		x		x		x				x	120	54	2	3
7		x		x		x				x	150	33	1	2
8		x					x			x	210	75	1	2
9			x							x	90		2	2
10		x		x		x				x	225	57	1	2
11			x							x	150	23	4	2
12		x		x						x	120	39	4	2
13			x							x	180	40	2	3
14		x					x			x	80	22	4	2

Schubertpark - Bodenuntersuchungen																		
BN = Baumnummer			C = Krümmungszahl $C= d_{30}^2 / d_{10} \cdot d_{60}$						Tragfähigkeit:						K _f = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert			
Bz= Bodenbezeichnung nach Korngrößen			Abz.=Bezeichnung der Böden nach U und C:						E _{vd} = Dynamisches Verformungsmodul						pH-Wert			
Anteile der Kornfraktionen:			eg = enggestuft						Wg= Wassergehalt während des Lastplattenversuchs						pH [H ₂ O] = aktueller pH-Wert			
Ton, Schluff, Sand, Kies			wg = weitgestuft						LD = Lagerungsdichte						pH [CaCl ₂] = potentieller pH-Wert			
Abstufung:			sg = sehr weit gestuft						WD = Wasserdurchlässigkeit:						Karbonat = Karbonatgehalt			
U = Ungleichförmigkeitszahl $U=d_{60}/d_{10}$			ig = intermittierend gestuft						Zeit= Versickerungszeit des Wassers									
	Korngrößenverteilung								Bodenstruktur						chemische Parameter			
BN	Bz	Anteile der Kornfraktionen				Abstufung			Tragfähigkeit			LD	WD		pH-Wert		Karbonat	
		Ton	Schluff	Sand	Kies	U	C	Abz.	E _{vd}	~ Setzung	Wg		Zeit	K _f	pH [H ₂ O]	pH [CaCl ₂]		
		[Massen%]	[Massen%]	[Massen%]	[Massen%]				[MN/m ²]	[mm]	[Massen%]	[g/cm ³]	[s]	[m/s]			[Massen%]	
1	U,g,fms,t	16,5%	41,5%	26,9%	15,1%	>15	1-3	sg	5,1	4,4	15,5%	1,64	31	9*10 ⁻⁶	8,42	7,32	14,6%	
2									5,1	4,4								
3									4,2	5,4								
4									3,1	7,3		1,34						
5	U,g,fms,t	16,5%	45,8%	22,4%	15,4%	>5	<1	ig	9,4	2,4	10,3%		294	8*10 ⁻⁸	8,33	7,47	15,7%	
6									6,9	3,3								
7									3,2	7,0								
8									3,3	6,8		1,52						
9									5,1	4,4								
10	U, s, t, g´	18,5%	46,9%	20,9%	13,7%	>5	<1	ig	3,2	7,0	19,7%	1,36	67	2*10 ⁻⁶	8,43	7,46	13,1%	
11									13,3	1,7			141	4,5 * 10 ⁻⁷				
12									4,2	5,4			125	6*10 ⁻⁷				
13	U,g,s,t	17%	49,9%	17,4%	15,7%	>5	<1	ig	4,9	4,6	15,6%	1,25			8,38	7,46	14,3%	

Märzpark – Untersuchungen am Baum																							
BN= Baumnummer			ST-Zw.= Stammzuwachs seit der Pflanzung			Baumschäden:																	
BA= Baumart			STQ=Stammquotient			WS= Wurzelschaden																	
BHB= Baumhöhe / -breite			Jahrestrieblängen			SS= Stammschaden																	
Stammumfang:			JT=Jahrestrieblänge der letzten Veg.periode			KS= Kronenschaden																	
STUPfl=Stammumfang bei Pflanzung			Haupttrieb:			Vit.= Vitalität Braun 2008/2009																	
STU ₉ =Stammumfang 2009			HT ₅ ,HT ₆ ,...= Trieblängen in den Jahren 2005, 2006,...			ÜeH= Übererdungshöhe																	
Charakterisierung			BHB	Stammumfang			STQ	Jahrestrieblängen						Haupttrieb				Schäden			Vit.8	Vit.9	ÜeH
BN	BA	PJ		STPfl	STU ₉	STZw		JT1	JT2	JT3	JT4	JT5	~	HT ₅	HT ₆	HT ₇	HT ₈	WS	SS	KS			
			(m/ m)	(cm)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(x)	(x)	(x)	1..5	1..5	(cm)
1	<i>Platanus acerifolia</i>	2006	6,9 / 2,6-2,8	18/20	24,6	4,6-6,6	0,88	8	7	8	6	5	7								4	4	5 ↓
2	<i>Aesculus hippocastanum</i>	2006	4,2 / 2-2,1	18/20	24,6	4,6-6,6	0,95	21	22	24	25	28	24	61	39	22	30		x		1	2	8 ↓
3	<i>Catalpa bignonioides</i>	2006	5,3 / 3-3,2	18/20	31,1	11,1-13,1	0,90	41	43	48	58	47	47	66	21	61	42	x	x	x	2	2	1,5 ↓
4	<i>Catalpa bignonioides</i>	2006	6,4 / 4-4,4	18/20	42,5	22,5-24,5	0,87	43	42	46	49	52	46	63	15	16	49	x	x	x	2	1	0
5	<i>Gleditsia triacanthos</i>	2006	5,6 / 3-3,2	18/20	21,6	1,6-3,5	0,94	22	16	36	26	29	26	71	35	26	25	x		x	2	2	2 ↑
6	<i>Prunus avium</i>	2006	5,8 / 1,6-1,7	20/25	29,7	4,7-9,7	0,95	20	17	16	19	17	18	61	10	7	19				2	3	0
7	<i>Prunus avium</i>	2006	6,1 / 2,2-2,3	20/25	31	6-11	0,94	13	19	12	15	8	13					x		x	3	3	7 ↑
8	<i>Prunus avium</i>	2006	6,2 / 2-2,3	20/25	37,2	12,2-17,2	0,91	9	7	6,5	7	11	8							x	3	3	5 ↓
9	<i>Prunus avium</i>	2006	5,8 / 2,3-2,4	20/25	33,7	8,7-13,7	0,86	29	34	28	34	36	32								3	3	3 ↓
10	<i>Prunus avium</i>	2006	6,1 / 2,2-2,4	20/25	30,9	5,9-10,9	0,95	12	13	17	16	17	15	38	67	31	15			x	3	3	0
11	<i>Prunus avium</i>	2006	5,4 / 2,2-2,4	20/25	29,7	4,7-9,7	0,93	22	21	18	19	29	22	62	43	7	22			x	4	3	11 ↓
12	<i>Prunus avium</i>	2006	6,2 / 3-3,3	20/25	32,2	7,2-12,2	0,99	32	38	41	39	42	38	47	19	32	34			x	4	3	10 ↓
13	<i>Prunus avium</i>	2006	6 / 2,3-2,7	20/25	30,9	5,9-10,9	0,87	30	31	37	35	43	35	30	53	27	10		x		3	3	0
14	<i>Prunus avium</i>	2006	6 / 1,9-2,2	20/25	32,7	7,7-12,7	0,92	15	9	12	10	16	12	29	63	28	13		x	x	3	3	2 ↓
15	<i>Prunus avium</i>	2006	5,9 / 2,6-2,9	20/25	39,5	14,5-19,5	0,87	28	39	45	38	47	39	72	59	31	35	x	x	x	4	3	>10 ↓
16	<i>Prunus avium</i> (abgestorben)	2006		20/25																	5		
17	<i>Prunus avium</i> (abgestorben)	2006		20/25																	5		
18	<i>Prunus avium</i>	2006	5,5 / 1,4-1,5	20/25	28,2	3,2-8,2	0,94	16	10	14	17	15	14	55	25	19	14				3	4	3 ↓
19	<i>Prunus avium</i>	2006	6,2 / 1,6-1,9	20/25	33,2	8,2-13,2	0,87	5	7	6	9	5	6	43	49	30	6		x	x	3	4	0

Märzpark – Untersuchungen am Baum																							
BN= Baumnummer			ST-Zw.= Stammzuwachs seit der Pflanzung						Baumschäden:														
BA= Baumart			STQ=Stammquotient						WS= Wurzelschaden														
BHB= Baumhöhe / -breite			Jahrestrieblängen						SS= Stammschaden														
Stammumfang:			JT=Jahrestrieblänge der letzten Veg.periode						KS= Kronenschaden														
STUPfl=Stammumfang bei Pflanzung			Haupttrieb:						Vit.= Vitalität Braun 2008/2009														
STU ₉ =Stammumfang 2009			HT ₅ ,HT ₆ ,...= Trieblängen in den Jahren 2005, 2006,...						ÜeH= Übererodungshöhe														
Charakterisierung			BHB	Stammumfang			STQ	Jahrestrieblängen						Haupttrieb				Schäden			Vit.8	Vit.9	ÜeH
BN	BA	PJ		STPfl	STU ₉	STZw		JT1	JT2	JT3	JT4	JT5	~	HT ₅	HT ₆	HT ₇	HT ₈	WS	SS	KS			
			(m/m)	(cm)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(x)	(x)	(x)	1..5	1..5	(cm)
20	Prunus avium	2006	5,8 / 2,1-2,2	20/25	35,9	10,9-15,9	0,86	28	20	21	29	23	24	49	57	29	8				3	3	0
21	Robinia `Casque R.`	2006	9 / 3,6-4,2	18/20	34,4	14,4-16,4	0,93											x	x		2	2	3 ↑
22	Koelreuteria paniculata	2008	6,8 / 0,8	20/25	24	1-4	0,94												x		3	2	6 ↓
23	Robinia `Casque R.` (abgest.)	2006		18/20																	2		
24	Acer platanoides	2006	6,4 / 2,4-2,6	18/20	29,3	9,3-11,3	0,87												x	x	2	3	0
25	Robinia `Casque R.` (abgest.)	2006		18/20																	1		
26	Robinia `Casque R.` (abgest.)	2006		18/20																	2		
27	Robinia `Casque R.`	2006	8,4 / 4,9	18/20	36,9	16,9-18,9	1,00												x	x	1	1	5 ↓
28	Robinia `Casque R.` (abgest.)	2006		18/20																	1		
29	Prunus avium	2006	7,1 / 2,2-2,5	20/25	35,2	10,2-15,2	0,91	11	15	20	21	26	19	34	54	32	5		x	x	4	4	0
30	Prunus avium	2006	6,8 / 2,2-2,3	20/25	34,7	9,7-14,7	0,89	7	8	7	5	8	7								4	4	5 ↓
31	Prunus avium (abgestorben)	2006		20/25																	5		
32	Prunus avium (abgestorben)	2006		20/25																	5		
33	Prunus avium	2006	5,8 / 2	20/25	27,5	2,5-7,5	0,93	31	25	40	26	39	32	10	40	47	28		x		4	4	2 ↓
34	Acer platanoides	2006	6,7 / 2-2,3	18/20	26	6-8	0,90	6	16	5	7	8	8						x	x	4	3	0
35	Acer platanoides	2006	6,3 / 2,5-3	18/20	28,7	8,7-10,7	0,88	15	19	14	11	15	15								3	2	0
36	Acer platanoides	2006	7 / 2,4-2,7	18/20	27,5	7,5-9,5	0,87	16	18	16	17	16	17					x	x	x	3	3	0
37	Gleditsia triacanthos	2006	6,1 / 2,7-3,9	18/20	21,4	1,4-3,4	0,98	6,5	8	12	13	19	12	59	19	17	19	x	x		3	3	2 ↑

Märzpark – Untersuchung des Baumumfeldes														
BN = Baumnummer					SD= Stauden					Versiegelung:				
Standort:					GH= Gehölze					VS= kürzester Abstand				
BS= Baumscheibe					GK= Gräser/Kräuter					VS%= versiegelte Fläche				
VfL.= Vegetationsfläche					Maßnahmen:					Belastung:				
WgD = Wasserg. Decke					Stz.= Baumstützung					BP= durch Parkbesucher				
RM = Rindenmulch					RS= Rindenschutz					BH= durch Hunde				
Bewuchs:					BR = Bewässerungsrohre									
BN	Standort				Bewuchs			Maßnahmen			Versiegelung		Belastung	
	BS	VfL.	WgD	RM	SD	GH	GK	Stz.	RS	BR	VS	VS%	BP	BH
	(x)	(x)	(x)		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(cm)	%	1..4	1..4
1		x					x	x			>500	0	2	3
2		x					x	x			450	22	2	4
3		x					x	x			310	15	2	4
4		x					x	x			480	1	2	4
5	x		x							x	110	87	4	4
6		x					x	x			140	33	2	4
7		x					x	x	x		180	19	2	4
8		x					x	x	x		160	22	2	4
9		x					x	x	x		170	20	2	4
10		x					x	x	x		180	26	2	4
11		x					x	x	x		190	17	2	4
12		x					x	x	x		185	17	2	4
13		x					x	x	x		190	17	2	4
14		x					x	x	x		180	17	2	4
15		x					x	x			190	46	2	4
16		x					x	x	x				2	4
17		x					x	x	x				2	4
18		x					x	x	x		170	20	2	4
19		x					x	x	x		160	20	2	4
20		x					x		x		180	19	2	4
21		x					x	x			300	8	2	4
22		x					x	x			>500	0	2	4
23		x			x			x					1	1
24	x		x							x	110	99	4	4
25	x		x					x		x			4	4
26	x		x					x		x			4	4
27		x		x		x					140	58	1	1
28		x					x	x					2	4
29		x					x	x	x		180	23	2	4
30		x					x	x	x		185	18	2	4
31		x					x	x	x				3	4
32		x					x	x	x				3	4
33		x					x	x	x		185	18	3	4
34		x					x	x			400	14	3	4
35		x					x				290	36	3	4
36		x					x	x			210	49	3	4
37	x		x							x	110	87	4	4

Märzpark - Bodenuntersuchungen

BN = Baumnummer
Bz= Bodenbezeichnung nach Korngrößen
Anteile der Kornfraktionen:
Ton, Schluff, Sand, Kies
Abstufung:
U = Ungleichförmigkeitszahl $U=d_{60}/d_{10}$

C = Krümmungszahl $C= d_{30}^2 / d_{10} \cdot d_{60}$
Abz.=Bezeichnung der Böden nach U und C:
eg = enggestuft
wg = weitgestuft
sg = sehr weit gestuft
ig = intermittierend gestuft

Tragfähigkeit:
 E_{vd} = Dynamisches Verformungsmodul
Wg= Wassergehalt während des Lastplattenversuchs
LD = Lagerungsdichte
WD = Wasserdurchlässigkeit:
Zeit= Versickerungszeit des Wassers

K_f = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert
pH-Wert
pH [H₂O] = aktueller pH-Wert
pH [CaCl₂] = potentieller pH-Wert
Karbonat = Karbonatgehalt

	Korngrößenverteilung								Bodenstruktur						chemische Parameter			
BN	Bz	Anteile der Kornfraktionen				Abstufung			Tragfähigkeit			LD	WD		pH-Wert		Karbonat	
		Ton	Schluff	Sand	Kies	U	C	Abz.	E _{vd}	~ Setzung	Wg		Zeit	K _f	pH [H ₂ O]	pH [CaCl ₂]		
		[Massen%]	[Massen%]	[Massen%]	[Massen%]				[MN/m²]	[mm]	[Massen%]	[g/cm³]	[s]	[m/s]			[Massen%]	
1	U, fms, t, fmg`	16%	52,8%	24,5%	6,7%	>5	<1	ig	4		15,7%	1,58	708	1,3*10 ⁻⁸	8,42	7,46	12,7%	
2									2,6			1,63	179	1,7*10 ⁻⁷				
3									2,7									
4									2,7				223	1,9*10 ⁻⁷				
5	fmG, s, u,t`	6,4%	21,5%	26,1%	45,9%	>5	<1	ig	6,3		9,7%		366	5,5*10 ⁻⁸	8,57	7,54	14,3%	
6	U, g, s, t`	14,2%	37,3%	22,5%	26,1%	>5	<1	ig	3,6		17,1%	1,73	100	8,5*10 ⁻⁷	8,38	7,48	14%	
7									4,4									
8									3,5									
9									2,7									
10									3									
11	U, fms, fmg,t	9,9%	56,9%	21%	12,3%	>5	1-3	sg	3,2		7,6%	1,71	147	5*10 ⁻⁷	8,45	7,47	19%	
12									4									
13									3,4									
14									3,3				84	1,5*10 ⁻⁶				
15									2,6									
16																		
17																		
18									2,6				302	8,5*10 ⁻⁸				
19									2,3									

Märzpark - Bodenuntersuchungen

BN = Baumnummer	C = Krümmungszahl $C = d_{30}^2 / d_{10} \cdot d_{60}$	Tragfähigkeit:	K _f = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert
Bz = Bodenbezeichnung nach Korngrößen	Abz. = Bezeichnung der Böden nach U und C:	E _{vd} = Dynamisches Verformungsmodul	pH-Wert
Anteile der Kornfraktionen:	eg = enggestuft	Wg = Wassergehalt während des Lastplattenversuchs	pH [H ₂ O] = aktueller pH-Wert
Ton, Schluff, Sand, Kies	wg = weitgestuft	LD = Lagerungsdichte	pH [CaCl ₂] = potentieller pH-Wert
Abstufung:	sg = sehr weit gestuft	WD = Wasserdurchlässigkeit:	Karbonat = Karbonatgehalt
U = Ungleichförmigkeitszahl $U = d_{60} / d_{10}$	ig = intermittierend gestuft	Zeit = Versickerungszeit des Wassers	

Korngrößenverteilung									Bodenstruktur					chemische Parameter			
BN	Bz	Anteile der Kornfraktionen				Abstufung			Tragfähigkeit			LD	WD		pH-Wert		Karbonat
		Ton	Schluff	Sand	Kies	U	C	Abz.	E _{vd}	~ Setzung	Wg		Zeit	K _f	pH [H ₂ O]	pH [CaCl ₂]	
		[Massen%]	[Massen%]	[Massen%]	[Massen%]				[MN/m ²]	[mm]	[Massen%]	[g/cm ³]	[s]	[m/s]			[Massen%]
20									3,3								
21	S-U, fmg ⁺ , t ⁻	9,5%	42,1%	42,2%	6,1%	>15	1-3	sg	2,5		13,6%		40	6*10 ⁻⁶	8,1	7,52	8,5%
22									3			1,6	90	1,2*10 ⁻⁶			
23																	
24									12,6		8,8%		289	9*10 ⁻⁸	8,51	7,48	19,7%
25									8,8								
26									5,3								
27																	
28	S, u*, fmg, t ⁻	5,6%	31,7%	40,7%	22%	>5	<1	ig	3,1		13,1%				8,46	7,47	15,7%
29									3								
30	U, fmg, s, t ⁻	14,4%	40,6%	27,5%	17,6%	>15	1-3	sg	3,9		16,8%	1,71	81	1,5*10 ⁻⁶	8,38	7,47	14,6%
31																	
32																	
33									3,8				>900	<10 ⁻⁸			
34	U, fmg, s, t ⁻	8,5%	48,4%	19,2%	23,9%	<5	<1	ig	3,5		9,3%	1,51	256	1,4*10 ⁻⁷	8,38	7,55	14,4%
35									3,4								
36	U, s, fmg ⁺ , t ⁻	12,4%	52%	23,7%	11,9%	<5	<1	ig	3,6		11,4%				8,24	7,47	16,80%
37									7,6								

9.5. Baumsteckbriefe



BAUM: BNr.: Märzpark 1 / BA.: *platanus acerifolia* / BH.: 6,9 m / BB.: 2,6-2,8 m / StU.: 24,6 cm / StQ.: 0,88 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 7 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 5 cm↓; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 12,7 % / E_{vd.}: 4,0 Mn/m² / LD.: 1,6 g/cm³ / K_{f.}: 1,3x10⁻⁸ m/s, KGV.: T: 16% - U: 52,8% - S: 24,5% - G: 6,7% ; **ANMERKUNGEN:** einseitige Ausrichtung der Krone, Zwieselbildung;



BAUM: BNr.: Märzpark 2 / BA.: *aesculus hippocastanum* / BH.: 4,2 m / BB.: 2-2,1 m / StU.: 24,6 cm / StQ.: 0,95 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 24 cm / JTV.: Jtl.2008.: 30 cm, Jtl.2007.: 22 cm, Jtl.2006.: 39 cm, Jtl.2005.: 61 cm / Kzst.B.: 1 / ÜeH.: 8 cm↓; **BODEN:** E_{vd.}: 2,6 mN/m² / LD.: 1,6 g/cm³ / K_{f.}: 1,7x10⁻⁷; **ANMERKUNGEN:** 5x ca. 6 cm große Stammwunden durch zu spätes Aufasten; verdickter Stammfuß; Wurzelschäden durch Rasenmäher;



BAUM: BNr.: Märzpark 3 / BA.: *catalpa bignonioides* / BH.: 5,3 m / BB.: 3-3,2 m / StU.: 31,1 cm / StQ.: 0,9 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 47 cm / JTV.: Jtl.2008.: 42 cm, Jtl.2007.: 61 cm, Jtl.2006.: 21 cm, Jtl.2005.: 66 cm / Kzst.B.: 2 / ÜeH.: 2 cm↓; **BODEN:** E_{vd.}: 2,7 mN/m²; **ANMERKUNGEN:** einige 6-7 cm große Aufastungswunden, bereits gut überwält; kleine Astabrisse; Wurzelschäden durch Rasenmäher;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008., Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{f.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 4 / BA.: *catalpa bignonioides* / BH.: 6,4 m / BB.: 4-4,4 m / StU.: 42,5 cm / StQ.: 0,87 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 46 cm / JTV.: Jtl.2008.: 49 cm, Jtl.2007.: 16 cm, Jtl.2006.: 15 cm, Jtl.2005.: 63 cm / Kzst.B.: 2 / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 2,7 Mn/m² / K_{f.}: 1,9×10⁻⁷ m/s; **ANMERKUNGEN:** kein durchgehender Leittrieb; Sonnennekrosen am Stamm; ca. 6 cm starker Astbruch in der Krone; leichte Wurzelschäden durch Rasenmäher;



BAUM: BNr.: Märzpark 5 / BA.: *gleditsia triacanthos* / BH.: 5,6 m / BB.: 3-3,2m / StU.: 21,6 cm / StQ.: 0,94 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 26 cm / JTV.: Jtl.2008.: 25 cm, Jtl.2007.: 26 cm, Jtl.2006.: 35 cm, Jtl.2005.: 71 cm Kzst.B.: 2 / ÜeH.: 2 cm↑; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 14,3 % / E_{vd.}: 6,3 Mn/m² / K_{f.}: 5,5×10⁻⁸ m/s / KGV.: T: 6,4% - U: 21,5% - S: 26,1% - G: 45,9%; **ANMERKUNGEN:** sehr kleine Stammverletzungen durch Aufasten; Wurzelschäden durch Betreten der Baumscheibe;



BAUM: BNr.: Märzpark 6 / BA.: *prunus avium* / BH.: 5,8 m / BB.: 1,6-1,7 m / StU.: 29,7 cm / StQ.: 0,95 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 18 cm / JTV.: Jtl.2008.: 19 cm, Jtl.2007.: 7 cm, Jtl.2006.: 10 cm, Jtl.2005.: 61 cm Kzst.B.: 2 / ÜeH.: gut; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 14 % / E_{vd.}: 3,6 Mn/m² / LD.: 1,7 g/cm³ / K_{f.}: 8,5×10⁻⁷ m/s / KGV.: T: 14,2% - U: 37,3% - S: 22,5% - G: 26,1% ; **ANMERKUNGEN:** sehr viele junge Konkurrenztriebe; junge Äste kreuzen;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008., Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{f.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 7 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6,1 m / BB.: 2,2-2,3 m / StU.: 31 cm / StQ.: 0,94 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 13 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: 5 cm↑ ; **BODEN:** E_{vd.}: 4,4 Mn/m² ; **ANMERKUNGEN:** Bildung junger Konkurrenztriebe; junge Äste kreuzen teils; 1x ca. 6 cm große Wunde durch späten Konkurrenztriebschnitt in der Krone; Wurzelschäden durch Rasenmäher;



BAUM: BNr.: Märzpark 8 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6,2 m / BB.: 2-2,3 m / StU.: 37,2 cm / StQ.: 0,91 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 8 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: 5 cm↓ ; **BODEN:** E_{vd.}: 3,5 Mn/m² ; **ANMERKUNGEN:** Bildung junger Konkurrenztriebe; junge Äste kreuzen teils; 1x ca. 5 cm große Wunde durch späten Konkurrenztriebschnitt in der Krone; kleine Astwunden durch Kronenschnitt;



BAUM: BNr.: Märzpark 9 / BA.: *prunus avium* / BH.: 5,8 m / BB.: 2,3-2,4 m / StU.: 33,7 cm / StQ.: 0,86 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 32 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: 3 cm↓ ; **BODEN:** E_{vd.}: 2,7 Mn/m² ; **ANMERKUNGEN:** Bildung junger Konkurrenztriebe; im oberen Kronenbereich stärkere Konkurrenztriebe; junge Äste kreuzen teils;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_t: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 10 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6,1 m / BB.: 2,2-2,4 m / StU.: 30,9 cm / StQ.: 0,95 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 15 cm / JTV.: Jtl.2008.: 15 cm, Jtl.2007.: 31 cm, Jtl.2006.: 67 cm, Jtl.2005.: 38 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: gut ; **BODEN:** E_{vd.}: 3 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** viele junge Konkurrenztriebe; junge Äste kreuzen teils; 1x ca. 6 cm große Schnittwunde durch späten Konkurrenztriebschnitt;



BAUM: BNr.: Märzpark 11 / BA.: *prunus avium* / BH.: 5,4 m / BB.: 2,2-2,4 m / StU.: 29,7 cm / StQ.: 0,93 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 22 cm / JTV.: Jtl.2008.: 22 cm, Jtl.2007.: 7 cm, Jtl.2006.: 43 cm, Jtl.2005.: 62 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 11 cm↓ ; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 19 % / E_{vd.}: 3,2 Mn/m² / LD.: 1,7 g/cm³ / K_{f.}: 5x10⁻⁷ m/s / KGV.: T: 9,9% - U: 56,9% - S: 21% - G: 12,3%; **ANMERKUNGEN:** 2x ca. 6 cm große Stammwunden durch spätes Aufasten; 1x 7 cm starker Astabriss; Reibungswunde durch kreuzende Äste; starke Konkurrenztriebe zum Leittrieb;



BAUM: BNr.: Märzpark 12 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6,2 m / BB.: 3-3,3 m / StU.: 32,2 cm / StQ.: 0,99 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 38 cm / JTV.: Jtl.2008.: 34 cm, Jtl.2007.: 32 cm, Jtl.2006.: 19 cm, Jtl.2005.: 47 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 10 cm ↓ ; **BODEN:** E_{vd.}: 4 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** 1x ca. 4-6 cm und 1x 3-10 cm große Wunde durch Reibung oder Astbruch; 5cm Schnittwunde; verdrehter Ast;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008., Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂] -Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{f.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 13 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6 m / BB.: 2,3-2,7 m / StU.: 30,9 cm / StQ.: 0,87 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 35 cm / JTV.: Jtl.2008.: 10 cm, Jtl.2007.: 27 cm, Jtl.2006.: 53 cm, Jtl.2005.: 30 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 3,4 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** 1x ca. 5 cm Aufstungswunde; viele junge Konkurrenztriebe; junge Äste kreuzen teils;



BAUM: BNr.: Märzpark 14 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6 m / BB.: 1,9-2,2 m / StU.: 32,7 cm / StQ.: 0,92 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 12 cm / JTV.: Jtl.2008.: 13 cm, Jtl.2007.: 28 cm, Jtl.2006.: 63 cm, Jtl.2005.: 29 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: 2 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 3,3 Mn/m² / K_{c.}: 1,5x10⁻⁶ m/s; **ANMERKUNGEN:** 4x 4-5 cm Aufstungswunden; Konkurrenztriebe; leicht einseitige Kronenstruktur;



BAUM: BNr.: Märzpark 15 / BA.: *prunus avium* / BH.: 5,9 m / BB.: 2,6-2,9 m / StU.: 39,5 cm / StQ.: 0,87 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 39 cm / JTV.: Jtl.2008.: 35 cm, Jtl.2007.: 31 cm, Jtl.2006.: 59 cm, Jtl.2005.: 72 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: >10 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 2,6 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** 1x 20 cm und 1x 10 cm lange Astabrisswunde; 2x ca. 3-7 cm große Risse in den Kronenästen; 2 x Aufstungswunden ca. 5-6 cm groß; Wurzelschäden und starker Schaden im Stammfußbereich durch Rasenmäher;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008, Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂] -Wert; K_{g.}: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{c.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 16 / BA.: *prunus avium* / Kzst.B.: 5;

ANMERKUNGEN: Baum ist abgestorben und wurde im Spätsommer 2008 entfernt;



BAUM: BNr.: Märzpark 17 / BA.: *prunus avium* / Kzst.B.: 5;

ANMERKUNGEN: Baum ist abgestorben und wurde im Spätsommer 2008 entfernt;



BAUM: BNr.: Märzpark 18 / BH.: 5,5 m / BB.: 1,4-1,5 m / StU.: 28,2 cm / StQ.: 0,94 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 14 cm / JTV.: Jtl.2008.: 14 cm, Jtl.2007.: 19 cm, Jtl.2006.: 25 cm, Jtl.2005.: 55 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: 3 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 2,6 Mn/m² / K_{f.}: 8,5x10⁻⁸ m/s; **ANMERKUNGEN:** viele junge Konkurrenztriebe;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008., Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂] -Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{f.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 19 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6,2 m / BB.: 1,6-1,9 m / StU.: 33,2 cm / StQ.: 0,87 / PJ.: FJ 2006 / Jt.: 6 cm / JTV.: Jtl.2008.: 6 cm, Jtl.2007.: 30 cm, Jtl.2006.: 49 cm, Jtl.2005.: 43 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 2,3 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** einige Konkurrenztriebe; 1x 3 cm breiter, 6 cm langer Riss in Kronenast; 6x ca. 5 cm Aufastungswunden;



BAUM: BNr.: Märzpark 20 / BA.: *prunus avium* / BH.: 5,8 m / BB.: 2,1-2,2 m / StU.: 35,9 cm / StQ.: 0,86 / PJ.: FJ 2006 / Jt.: 24 cm / JTV.: Jtl.2008.: 8 cm, Jtl.2007.: 29 cm, Jtl.2006.: 57 cm, Jtl.2005.: 49 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 3,3 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** sehr viele junge Konkurrenztriebe; junge Äste kreuzen; etwas einseitige Kronenstruktur;



BAUM: BNr.: Märzpark 21 / BA.: *robinia* 'Casque rouge' / BH.: 9 m / BB.: 3,6-4,2 m / StU.: 34,4 cm / StQ.: 0,93 / PJ.: FJ 2006 / Kzst.B.: 2 / ÜeH.: 3 cm ↑; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 8,5 % / E_{vd.}: 2,5 Mn/m² / K_{f.}: 6x10⁻⁶ m/s / KGV.: T: 9,5% - U: 42,1% - S: 42,2% - G: 6,1%; **ANMERKUNGEN:** Krone ist schief; einseitige Beastung; dominante Seitentriebe; Zwieselbildungen; kleine Aufastungswunden von ca. 5 cm, bereits überwallt; Wurzelschäden durch Rasenmäher;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008., Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{f.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 22 / BA.: *koelreuteria paniculata* / BH.: 6,8 m / BB.: 0,8 m / StU.: 24 cm / StQ.: 0,94 / PJ.: 2008 / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: 6 cm ↑; **BODEN:** E_{vd.}: 3 Mn/m² / LD.: 1,6 g/cm³ / K_{f.}: 1,2x10⁻⁶ m/s; **ANMERKUNGEN:** 2x ca. 5 cm Konkurrenztriebschnitte; starke Zwiesel und Konkurrenztriebbildung → Säulenform!; starker Flechtenbesatz;



BAUM: BNr.: Märzpark 23 / BA.: *robinia 'Casque rouge'* / PJ.: FJ 2006 / Kzst.B.: 2; **ANMERKUNGEN:** Baum wurde 2008 entfernt, wurde vom Wind abgebrochen;



BAUM: BNr.: Märzpark 24 / BA.: *acer platanoides* / BH.: 6,4 m / BB.: 2,4-2,6 m / StU.: 29,3 cm / StQ.: 0,87 / PJ.: FJ 2006 / Kzst.B.: 2 / ÜeH.: gut; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 19,7 % / E_{vd.}: 12,6 Mn/m² / K_{f.}: 9x10⁻⁸ m/s; **ANMERKUNGEN:** 1x 3-6 cm breiter, 1 m langer Rindenriss am Stamm, unten bis 15 cm breit; 1x 4x3 cm abgeschälte Rinde am Stamm; 1x 5 cm Aufstufungswunde; 1x 5 cm Schnittwunde im Kronenbereich;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{f.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 25 / BA.: *robinia 'Casque rouge'* / PJ.: FJ 2006/ Kzst.B.: 1 ; **BODEN:** E_{vd.}: 8,8 Mn/m²;

ANMERKUNGEN: Baum wurde 2008 entfernt, wurde vom Wind abgebrochen;



BAUM: BNr.: Märzpark 26 / BA.: *robinia 'Casque rouge'* / PJ.: FJ 2006/ Kzst.B.: 2; **BODEN:** E_{vd.}: 5,3 Mn/m²;

ANMERKUNGEN: Baum wurde 2008 entfernt, wurde vom Wind abgebrochen;



BAUM: BNr.: Märzpark 27 / BA.: *robinia 'Casque rouge'* / BH.: 8,4 m/ BB.: 4,9 m / StU.: 36,9 cm / StQ.: 1 / PJ.: FJ 2006 / Kzst.B.: 1 / ÜEH.: 5 cm ↓; **ANMERKUNGEN:** kein durchgehender Leittrieb; starke Konkurrenztrieb- und Zwieselbildung; stärkere Äste kreuzen; 1x Aufastungswunde ca. 6 cm groß, noch nicht verwallt; 1x Konkurrenztriebschnitt in der Krone von ca. 5 cm Stärke;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜEH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_r: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 28 / BA.: *robinia* 'Casque rouge' / PJ.: FJ 2006/ Kzst.B.: 1; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 15,7 % / E_{vd.}: 3,1 Mn/m² / KGV.: T: 5,6% - U: 31,7% - S: 40,7% - G: 22%; **ANMERKUNGEN:** Baum wurde 2008 entfernt, wurde vom Wind abgebrochen;



BAUM: BNr.: Märzpark 29 / BA.: *prunus avium* / BH.: 7,1 m / BB.: 2,2-2,5 m / StU.: 35,2 cm / StQ.: 0,91 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 19 cm / JTV.: Jtl.-2008: 5 cm, Jtl.-2007: 32 cm, Jtl.-2006: 54 cm, Jtl.-2005: 34 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 3 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** etwas einseitiger Kronenaufbau; junge Konkurrenztriebe kreuzen teils; 1x Konkurrenztriebschnitt von ca. 5 cm; absterbende Rinde im Stammfußbereich;



BAUM: BNr.: Märzpark 30 / BA.: *prunus avium* / BH.: 6,8 m / BB.: 2,2-2,3 m / StU.: 34,7 cm / StQ.: 0,89 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 7 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 5 cm ↓; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 14,6 % / E_{vd.}: 3,9 Mn/m² / LD.: 1,7 g/cm³ / K_{t.}: 1,5x10⁻⁶ m/s / KGV.: T: 14,4% - U: 40,6% - S: 27,5% - G: 17,6%; **ANMERKUNGEN:** etwas einseitige Kronenstruktur; Bildung junger Konkurrenztriebe;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.-2008, Jtl.-2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{t.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 31 / BA.: *prunus avium* / PJ.: FJ 2006 / Kzst.B.: 5;

ANMERKUNGEN: Baum ist abgestorben und wurde im Spätsommer 2008 entfernt;



BAUM: BNr.: Märzpark 32 / BA.: *prunus avium* / PJ.: FJ 2006 / Kzst.B.: 5;

ANMERKUNGEN: Baum ist abgestorben und wurde im Spätsommer 2008 entfernt;



BAUM: BNr.: Märzpark 33 / BA.: *prunus avium* / BH.: 5,8 m / BB.: 2 m / StU.: 27,5 cm / StQ.: 0,93 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 32 cm / JTV.: Jtl.2008: 28 cm, Jtl.2007: 47 cm, Jtl.2006: 40 cm, Jtl.2005: 10 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 2 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 3,8 Mn/m² / K_{f.}: > 10⁻⁸ m/s; **ANMERKUNGEN:** Bildung junger Konkurrenztriebe; 6x Aufastungswunden von 4-5 cm Größe;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008, Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂] -Wert; K_{g.}: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{f.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 34 / BA.: *acer platanoides* / BH.: 6,7 m / BB.: 2-2,3 m / StU.: 26 cm / StQ.: 0,9 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 8 cm / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 3 gut; **BODEN:** pH: 7,6 / Kg.: 14,4 % / E_{vd.}: 3,5 Mn/m² / LD.: 1,5 g/cm³ / K_{t.}: 1,4x10⁻⁷ m/s / KGV.: T: 8,5% - U: 48,4% - S: 19,2% - G: 23,9%; **ANMERKUNGEN:** stark einseitiger Kronenaufbau; Äste kreuzen; 3x kleine Aufastungswunden und Konkurrenztriebschnitte bis 5 cm;



BAUM: BNr.: Märzpark 35 / BA.: *acer platanoides* / BH.: 6,3 m / BB.: 2,5-3 m / StU.: 28,7 cm / StQ.: 0,88 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 15 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 3,4 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** Aufteilung der Kronenäste mangelhaft, einerseits Konkurrenztriebe andererseits fehlende Seitenäste; Knick im Stamm; kleine Aufastungswunden bis 5 cm;



BAUM: BNr.: Märzpark 36 / BA.: *acer platanoides* / BH.: 7 m / BB.: 2,4-2,7 m / StU.: 27,5 cm / StQ.: 0,87 / PJ.: FJ 2006 / JT.: 17 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: gut; **BODEN:** pH: 7,5 / E_{vd.}: 3,6 Mn/m² / KGV.: T: 12,4% - U: 52% - S: 23,7% - G: 11,9%; **ANMERKUNGEN:** etwas einseitige Kronenstruktur; 2x 3 cm breite, 6 bis 8 cm lange Schürfwunden; 1x 2 cm breite, 10 cm lange Schürfwunde; 2x ca. 6-8 cm große und mehrere kleine Konkurrenztriebschnittwunden in der Krone; Wurzelschäden durch Rasenmäher;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{t.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Märzpark 37 / BA.: *gleditsia triacanthos* 'Skyline' / BH.: 6,1 m / BB.: 2,7-3,9 m / StU.: 21,4 cm / StQ.: 0,98 / PJ.: FJ 2006 / Jt.: 12 cm / JTV.: Jtl.2008.: 19 cm, Jtl.2007.: 17 cm, Jtl.2006.: 19 cm, Jtl.2005.: 59 cm / Kzst.B.: 3 / ÜeH.: 2 cm ↑;
BODEN: E_{vd.}: 7,6 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** starke Stammverletzungen durch Vandalismus; kleine Aufstufungswunden < 5 cm; Wurzelschäden durch Betreten;



ERSATZPFLANZUNGEN: *Koelreuteria paniculata* Halbstämme (?) als Ersatzpflanzungen für die vom Wind gebrochenen Robinien / PJ.: 2009;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.2008, Jtl.2007... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; Kr.: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Schubertpark 1 / BA.: *Malus spec.* / BH.: 4,5 m / BB.: 1,3 m / StU.: 19,3 cm / StQ.: 0,89 / PJ.: FJ 2008 / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 12 cm ↓; **BODEN:** pH: 7,3 / Kg.: 14,6 % / E_{vd.}: 5,1 Mn/m² / LD.: 1,6 g/cm³ / K_{t.}: 9x10⁻⁶ m/s / KGV.: T: 16,5% - U: 41,5% - S: 26,9% - G: 15,1%; **ANMERKUNGEN:** junge Konkurrenztrieb- und Zwieselbildung; 1x 6 cm Wunde durch spätes Aufasten; einige Konkurrenztriebschnitte < 5 cm; mechanische Stammschäden durch Vandalismus;



BAUM: BNr.: Schubertpark 2 / BA.: *Malus spec.* / BH.: 4,9 m / BB.: 1,2-1,4 m / StU.: 18,9 cm / StQ.: 0,88 / PJ.: FJ 2008 / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 12 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 5,1 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** alte und junge Konkurrenztriebe; 1x 3 cm breiter, 8 cm langer Riss; 1x 6 cm große, nicht verwallte Wunde; eingeschnürter Stamm durch frühere Baumstützung; Abblätterung der Rinde im Stammfußbereich; mechanische Stammschäden durch Vandalismus;



BAUM: BNr.: Schubertpark 3 / BA.: *Malus spec.* / BH.: 4,2 m / BB.: 1-1,2 m / StU.: 19,8 cm / StQ.: 0,83 / PJ.: FJ 2008 / Kzst.B.: 4 / ÜeH.: 10 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 4,2 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** Leittrieb wurde weggeschnitten; 3 gleich starke Äste bilden die Krone; unsymmetrische Kronenstruktur; eingeschnürter Stamm durch frühere Baumstützung; mechanische Stammschäden durch Vandalismus;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{t.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Schubertpark 4 / BA.: *Acer platanoides* / BH.: 8,1 m / BB.: 3,3-3,5 m / StU.: 45 cm / StQ.: 0,91 / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 2 / TL.: 42 cm / ÜeH.: 4 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 3,1 Mn/m² / LD.: 1,3 g/cm³; **ANMERKUNGEN:** 3 starke Äste am Kronenansatz, Leittrieb dementsprechend dünn; starke Zwieselausbildungen; starke Äste kreuzen → Reibungsschäden; 2x Schnittwunden von ca. 8 cm Stärke; 2 ca. 50 cm lange Wachstumsrisse am Stamm; Wurzelschäden durch Rasenmäher;



BAUM: BNr.: Schubertpark 6 / BA.: *fraxinus ornus* / BH.: 5,8 m / BB.: 3,1-3,3 m / StU.: 41,8 cm / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 2 / TL.: 54 cm / ÜeH.: 16 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 6,9 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** dominante Seitentriebe; kleinere Äste kreuzen teils; Einritzungen an Stamm und unteren Kronenbereich; Konkurrenztriebschnitte < 5 cm;



BAUM: BNr.: Schubertpark 7 / BA.: *fraxinus ornus* / BH.: 5,9 m / BB.: 2,8-3,5 m / StU.: 29,8 cm / StQ.: 0,92 / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 3 / TL.: 46 cm / ÜeH.: 10 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 3,2 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** einseitiger Kronenaufbau; Einfraßlöcher von Schädlingen am Stamm; verdickte Stelle am Stamm;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_r: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Schubertpark 8 / BA.: *sophora japonica* / BH.: 7,3 m / BB.: 4,7-4,9 m / StU.: 43,2 cm / StQ.: 0,86 / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 2 / TL.: 44 cm / ÜeH.: 13 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 3,3 Mn/m² / LD.: 1,5 g/cm³; **ANMERKUNGEN:** Krone etwas schief; starke Zwieselbildung; 1x 10 cm hohe, 8 cm breite Wunde, bereits überwältigt; Abrisse sehr kleiner Kronenäste;



BAUM: BNr.: Schubertpark 9 / BA.: *fraxinus excelsior* / BH.: 5,8 m / BB.: 1,6 m / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 2 / TL.: 55 cm / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 5,1 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** dreistämmiger Baum; Äste kreuzen stark → Reibeschäden; 1x 6 cm Wunde durch Astabriss;



BAUM: BNr.: Schubertpark 10 / BA.: *aesculus carnea* / BH.: 6,3 m / BB.: 2,8-4,1 m / StU.: 42 cm / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 4 / TL.: 13 cm / ÜeH.: 7 cm ↓; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 13,1 % / E_{vd.}: 3,2 Mn/m² / LD.: 1,4 g/cm³ / K_{t.}: 2x10⁻⁶ m/s / KGV.: T: 18,5% - U: 46,9% - S: 20,9% - G: 13,7%; **ANMERKUNGEN:** Krone einseitig; Rindenrisse auf einer Länge von 70 cm; 1x Aufstufungswunde von ca. 6 cm Stärke; kleine Astabrisse in der Krone;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{t.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Schubertpark 11 / BA.: *acer campestre* / BH.: 6,4 m / BB.: 2,7-3,1 m / StU.: 26,1 cm / StQ.: 0,86 / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 4 / TL.: 6 cm / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 13,3 Mn/m² / K_{t.}: 4,5x10⁻⁷ m/s; **ANMERKUNGEN:** Zwieselausbildungen; viele Einritzungen im Stamm; verdickter Stammfuß;



BAUM: BNr.: Schubertpark 12 / BA.: *fraxinus excelsior* / BH.: 5,9 m / BB.: 1,6-1,8 m / StU.: 22,4 cm / StQ.: 0,87 / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 4 / TL.: 15 cm / ÜeH.: gut; **BODEN:** E_{vd.}: 4,2 Mn/m² / K_{t.}: 6x10⁻⁷ m/s; **ANMERKUNGEN:** Baum wurde gut aufgeastet; einige junge Konkurrenztriebe; 1x 7 cm lange, 3 cm breite Stammwunde; eingeschnürte Rinde durch alte Baumstützung; zahlreiche tiefe Schnitte in der Rinde durch Vandalismus;



BAUM: BNr.: Schubertpark 13 / BA.: *celtis australis* / BH.: 7 m / BB.: 3,3-3,9 m / StU.: 35,3 cm / StQ.: 0,92 / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 3 / TL.: 20 cm / ÜeH.: 2 cm↓; **BODEN:** pH: 7,5 / Kg.: 14,3 % / E_{vd.}: 4,9 Mn/m² / LD.: 1,3 g/cm³ / KGV.: T: 17% - U: 49,9% - S: 17,4% - G: 15,7%; **ANMERKUNGEN:** schiefer Leittrieb; sehr viele Konkurrenztriebe; 3x Aufastungswunden von ca. 5 cm Stärke;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂]-Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; K_{t.}: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...



BAUM: BNr.: Schubertpark 14 / BA.: *alnus cordata* / BH.: 8 m / BB.: 2,1-2,4 m / StU.: 29 cm / StQ.: 0,94 / PJ.: H 2005 / Kzst.B.: 3 / TL.: 61 cm / ÜeH.: 5 cm ↓; **BODEN:** E_{vd.}: 27,1 Mn/m²; **ANMERKUNGEN:** Leittriebwiesel; einige Konkurrenztriebe; 1x Loch in der Rinde von ca. 2 cm Durchmesser; alte Aufastungswunden < 5 cm; zahlreiche Rindeneinschnitte durch Vandalismus;

BAUM: BNr.: Baumnummer; BA.: Baumart; BH.: Baumhöhe; BB.: Baumbreite; StU.: Stammumfang; StQ.: Stammquotient (2m/1m); PJ.: Pflanzjahr; TL.: gemittelte Jahrestrieblänge 2008; JTV.: Jtl.₂₀₀₈, Jtl.₂₀₀₇... Jahrestrieblängen aus den Jahren von 2008 bis 2005; Kzst.B.: Kronenzustandsstufe nach Braun; ÜeH.: Übererdungshöhe: ↓... Pflanzung ist zu tief, ↑... Pflanzung ist zu hoch; **BODEN:** pH: pH [CaCl₂] -Wert; Kg.: Karbonatgehalt in Massen%; E_{vd.}: Dynamisches Verformungsmodul; LD.: Lagerungsdichte; Kr.: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert; KGV.: Massenanteile von: T...Ton, U...Schluff, S...Sand und G...Kies; **ANMERKUNGEN:** sonstige Anmerkungen; Kronenaufbau, Schäden im Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich,...

9.6. Lageskizzen der Parkanlagen



