

---

**Technische Universität Dresden**  
Studiengang Forstwissenschaft (Bachelor)

# **Projektarbeit**

**Einfluss einer, im Außenbereich befindlichen Bodenheizung auf  
die angrenzende Fauna und Flora**

Katharina Tiebel

Meißen, der 01.10.2009

Katharina Tiebel

---

---

## Inhaltsverzeichnis

### 1. Einleitung

#### 2.1 Aufbau der Bodenheizung

#### 2.2 Einfluss der Bodenheizung auf die Flora

#### 2.3 Einfluss der Bodenheizung auf die Fauna

#### 2.4 Nutzen für den Betrieb

### 3. Fazit

---

# 1. Einleitung

Das Ziel des Praktikums ist die selbstständige Bearbeitung eines kleinen Projektes und der zugehörigen Projektarbeit.

Die Arbeit behandelt die Analyse des Einflusses, einer im Außenbereich befindlichen Bodenheizung auf die angrenzende Fauna und Flora.

Dem Städtischen Bestattungswesen Meißen soll diese Projektarbeit einen Aufschluss darüber geben, wie sich die positiven Eigenschaften der Bodenheizung für den Betrieb und die Auswirkungen auf die Fauna und Flora bemessen lassen. Das heißt, der Betrieb möchte herausfinden, ob nicht nur Vorteile für sie selbst aus der Bodenheizung resultieren, sondern vielleicht auch für die angrenzende Vegetation.

Zum Projekt selbst muss jedoch bemerkt werden, dass diese Arbeit in einem Zeitraum von sechs Wochen entstanden ist und somit nicht auf Vollständigkeit beharrt werden kann. Eine solche Untersuchung muss sich mindestens über eine Vegetationsperiode erstrecken. Für eine wissenschaftlich fundierte Arbeit sollte dieses Projekt jedoch über mehrere Jahre verfolgt werden, um eventuelle einmalig bzw. jährlich auftretende klimatische Einwirkungen ausschließen zu können. Um jedoch ein vollständiges Bild über eine Vegetationsperiode hinweg zu erhalten, musste auf Beobachtungen Dritter zurückgegriffen werden. Lediglich der Spätsommer und Herbst beruhen auf eigenen Untersuchungen.

Auch ist zu erwähnen, dass der Bau der Heizanlage nicht vernachlässigbare Konsequenzen für Fauna und Flora mit sich gebracht hat, welche über Jahre zusätzlich Einfluss nehmen konnten. Aus diesem Grund wird nicht nur die Wirkung der Abwärme behandelt, sondern auch die baulichen Maßnahmen mit in die Arbeit einfließen. Die komplexen Zusammenhänge können nicht von einander getrennt werden.

---

## 2.1 Aufbau der Bodenheizung

Die Bodenheizung des Städtischen Bestattungswesens befindet sich im Außenbereich des Geländes. Genauer gesagt, wurde sie um das Hauptgebäude und in der Auffahrt verlegt. Insgesamt erstreckt sie sich über eine Größe von 838 m<sup>2</sup>. Bei solch einem Ausmaß ist ein nicht zu unterschätzender Einfluss auf die Natur anzunehmen. (A18)

Konzipiert wurde die Bodenheizung im Außenbereich, da im Krematorium, ein Betriebsteil des Städtischen Bestattungswesens Meißen, sehr viel Abwärme anfällt. Für die gesamte Filteranlage muss das über 850°C heiße Rauchgas herunter gekühlt werden. Dafür wurden konventionelle Kühler (Strahlungskühler, Luftkühler, Wasserkühler) an den Etagenöfen angeschlossen. Gleichzeitig wurde aber auch daran gedacht, die Wärme im eigenen Betrieb zu nutzen. Zum Beispiel wird das Wasser erwärmt, die Heizung mit ihr versorgt und auch an eine Bodenheizung im Außenbereich wurde gedacht. Von einer weiteren außerbetrieblichen Nutzung wurde aus ethischen und wirtschaftlichen Gründen abgesehen.

Die Bodenheizung besteht aus einzelnen, flüssigkeitsführenden Rohren, die in einer Tiefe von 18 cm in einem 22 cm hohen Aufbau bestehend aus Splitt, Geotextil, Sand, Rohr, Sand Geotextil, Splitt und Pflaster verlegt wurden. Eingebettet sind die Rohre in aufgeschütteten Quarzsand, um eventuelles Verrutschen dieser zu verhindern. Über den Heizrohren wurde eine 8 cm dicke Betonsteinschicht verlegt, um den Heizelementen ausreichend Schutz gegen mechanische Beanspruchung und Witterungseinflüssen zu bieten. Natürlich kommt dies einer Flächenversiegelung gleich, doch erstreckt sie sich im Angesicht der Gesamtfläche des Areals von 19.500m<sup>2</sup> nur über einen minimalen Bereich. Das Niederschlagswasser kann zwischen den Steinen, durch das Geotextil und auch um den Bereich der Bodenheizung ungehindert versickern, da sich der Friedhof anschließt. Damit bleibt der Wasserhaushalt konstant.

Die Bodenheizung ist so konzipiert worden, dass jedes flüssigkeitsführende Rohr einzeln abgeschaltet werden kann. Das bedeutet, dass bei Ausfall eines Rohres nicht die gesamte Bodenheizung ausgeschaltet werden muss.

In den Rohren selbst fließt ein Glykol-Wasser-Gemisch, welches durch die zugeführte Wärme bis zu 70°C warm werden kann. Dem entsprechend erwärmen sich auch die darüber befindlichen Steine. Aufgrund von Abschaltung der Anlage erkalten die Rohre im Winter manchmal auch auf -5°C. Die Temperaturschwankungen wirken sich direkt, auf die im Umkreis befindlichen Tiere und Pflanzen aus, wobei für die Tiere die Möglichkeit besteht auszuweichen.

---

## 2.2 Einfluss der Bodenheizung auf die Flora

Als erstes sollte das Hauptaugenmerk auf die in unmittelbarer Umgebung der Bodenheizung vorhandenen Linden gelegt werden. Dabei wurden auf der nordwestexponierten Seite nur *Tilia platyphyllos* (Sommerlinde) angepflanzt. Auf der südexponierten Seite findet man *Tilia cordata* (Winterlinde), aber auch eine *Tilia platyphyllos*. (A18)

Alle Linden wurden 1870 gepflanzt und sind damit 139 Jahre alt. Die Winterlinden haben einen Brusthöhendurchmesser (kurz: BHD) zwischen 60,5cm bis 98cm. Die Sommerlinden besitzen mit einem BHD von 52cm bis 75cm ein geringeres Dickenwachstum. (A19)

Auffallend bei allen Linden ist das verstärkte Wachstum der Hauptäste in dem von Wärme beeinflussten Bereich der Bodenheizung. Deutlich wird dies durch die unterschiedlich stark ausgeprägte Kronenentwicklung auf den durch die Bodenheizung beeinflussten und nicht beeinflussten Seiten. Zusätzlich bemerkt man bei *Tilia platyphyllos* eine feinere Verzweigung auf der Wärme beeinflussten Seite der Krone. Darüber hinaus hängen die Zweige sehr dicht über dem Boden. Bei Freiland können Linden, laut Literatur, eine Verzweigung bis zum Grund des Stammes aufweisen. In diesem Fall zeigen jedoch die auf dem Friedhof frei stehenden Linden keine tiefgehende und hängende Verzweigung. Auch verzeichnen die nicht durch Wärme beeinflussten Sommerlinden an den Ästen im unteren Kronenbereich keine so hohe Blatt- und Fruchtanzahl. Dahingegen weisen die Sommerlinden über der Bodenheizung eine erhöhte Fruchtanzahl und ein dichtes Blätterwerk auf. Als Grund für dieses Phänomen ist ein Einfluss der Bodenheizung zu vermuten. Sowohl Blatt-, als auch Blütenaustrieb erfolgen im späten Frühjahr. Durch die vermehrte Wärmezuführung wird auch bei einem kalten Frühjahr mit verstärkter Frostgefahr dem Baum ein warmes Frühjahr und auch Sommer simuliert. Dadurch werden jedes Jahr sehr viele Blatt- und Blütenknospen angelegt und ausgetrieben. Für *Tilia platyphyllos* bietet die zusätzliche Wärmezuführung einen Vorteil, da sie einen höheren Anspruch an Licht und auch Wärme stellt als *Tilia cordata*.

Die Winterlinden zeigen, im Gegensatz zu den Sommerlinden, kaum Veränderungen in ihrem Kronenwachstum. Die Hauptäste wachsen auch bei ihnen verstärkt in den von Wärme beeinflussten Bereich hinein, doch in der Blüten- und Blattanzahl ist kein Unterschied wahrzunehmen. Hier muss jedoch die Frage über die Reaktion der Bäume auf die Wärme ungeklärt bleiben. Denn bei Linde Nr. 7 ist eine Blitzzrinne zu erkennen. Die *Tilia cordata* hat versucht, diese zu überwallen. Doch durch einen zusätzlichen Hauptastabbruch, infolge des Blitzeinschlages, hat sich eine für den Baum nicht überwallbare Aushöhlung gebildet. Da sie nicht ausgemauert wurde und sich auf der Wetterseite befindet, hat sich Braunfäule eingenistet. Über längere Zeit wird diese durch Abbau der Cellulose zum Stabilitätsverlust führen. Des Weiteren muss der Baum sich noch mit einer Krebswucherung auseinandersetzen. Die zweite Winterlinde ist von Borkenkäfern befallen. Der Befall ist aber nur durch Spechtlöcher zu orten. Die dritte Winterlinde lebt umgeben von einer Flächenversiegelung. Die Linden sind durch eigene Probleme so belastet, dass eine genaue Analyse über den Einfluss der Bodenheizung nicht möglich ist.

Generell wird durch die Bodenheizung die Spät- und Frühfrostgefahr für die angelegten Knospen vermindert.

---

Zum Zeitpunkt der Projektarbeit befanden sich alle Nussfrüchte der *Tilia platyphyllos* bereits im Endstadium der Reife. Zu erkennen war dies an den abgetrockneten Flügelblatt der Früchte. Die Nussfrüchte der *Tilia cordata* hingegen zeigten noch eine hellgrüne Färbung. Das heißt, sie waren noch im Prozess der Reifung. Diese unterschiedliche Entwicklung ist natürlich und wird nicht von der Bodenheizung beeinflusst. Der Grund ist, dass Winterlinden generell ca. 2 Wochen später austreiben und reifen als Sommerlinden. Die Wärme kann lediglich den Blüh- und Reifezeitpunkt innerhalb des Jahres vorziehen und den Prozess beschleunigen, jedoch nicht den Rhythmus zwischen Sommer- und Winterlinde entkoppeln.

Wie gerade ersichtlich wurde, hat die Bodenheizung auf die Wuchsrichtung der Äste, Verzweigungsstruktur, die Blattanlagen und Fruchtreife der Linden einen Einfluss. Dennoch sollte von den kleinen Details einmal Abstand genommen und die allgemeine Vitalität der Linden beurteilt werden.

Alle Linden zeigen bis zum Terminaltrieb eine mehr oder weniger starke Verzweigung, die aus Lang- und Kurztrieben besteht. Reine Kurztriebketten konnten nicht gefunden werden, welche ein Zeichen für sehr großen Vitalitätsverlust wären. Lediglich einzelne Jahre zeigen Kurztriebe, was aber auf die besondere Gegebenheit in dem entsprechenden Jahr oder des Vorjahres zurück zu führen ist und nicht auf einen generellen Vitalitätsmangel schließen lässt. Bei der Einteilung in Vitalitätsstufen stellt man fest, dass nur eine der Linden die Vitalitätsstufe 1 erhält und der Rest sich zwischen 1,5 und 2,5 bewegt. (A19) Anzumerken wäre, dass die Vitalität bei Laubbäumen über die Verzweigungsstruktur günstiger zu beurteilen ist als über die Belaubungsdichte. Denn die natürliche Laubvariabilität liegt bei Laubbäumen um 20%. Zudem ist sie auch von einmal auftretenden Ereignissen, wie Insektenbefall stark abhängig. Dahingegen bleibt die Verzweigungsstruktur davon relativ unbeeinflusst. Der Nachteil bei dieser Analyse ist, dass sie bevorzugt im Winter durchgeführt werden sollte, da sonst die Blätter den Blick auf die Struktur verdecken. In diesem Fall musste die Analyse jedoch Ende August Anfang September durchgeführt werden. Das heißt, dass bei erneuter Beurteilung der Bäume im Winterzustand sich, aufgrund neuer optischer Erkenntnisse, Veränderungen in der Einstufung der Vitalität ergeben können. Jedoch sollte man bei einer Analyse nicht ganz auf die Belaubungsdichte verzichten, da sie bei über 20% Laubverlust (von vorn herein nicht gebildete Blätter) ein guter zusätzlicher Weiser für die Vitalität sein kann.

Aus der vorliegenden Vitalitätsbeurteilung der einzelnen Linden wird deutlich, dass sich keine in der Explorationsphase (Vitalitätsstufe 0) befindet. (A19) Man könnte zu der Annahme gelangen, dass die vermehrte Abwärme in den Kronenbereich und die erhöhte Verdunstungsrate des Niederschlages (Wassermangel im Boden) die Ursachen sein könnten. Daher wurden zusätzlich Linden auf dem Friedhof untersucht, die nicht durch die Bodenheizung beeinflusst werden. Erstaunlicher Weise gelangt man zu dem Schluss, dass auch diese Linden sich nur in den Vitalitätsstufen 1 bis 2 einordnen lassen. Sie zeigen im gleichen Maß Laubverlust und dieselbe Verzweigungsstruktur an. Der Grund wird wahrscheinlich die Absenkung des Grundwasserspiegels um 3m auf dem Friedhof seit 1960 sein. Das würde die, auf der gesamten Fläche vorgefundenen schlechten Vitalitätsstufen erklären. Linden besitzen ein intensives Wurzelnetz, wobei der Unterboden lediglich mit

---

Feinwurzeln erschlossen wird. Hauptwurzeln sind seltener im Unterboden anzutreffen. Daher mussten die Wurzeln dem Grundwasser hinterher wachsen und in einem tieferen, noch nicht von ihnen erschlossenen Bodenbereich ein neues Wurzelnetz ausbilden. Die Linden waren bereits 90 Jahre alt, als der Grundwasserspiegel begann sich zu senken. In diesem Alter fällt es Bäumen generell schwer, ohne größere Anstrengung, auf veränderte Situationen zu reagieren. Meist wird dies, wie hier durch eine Vitalitätsabnahme, sichtbar.

Somit lässt sich das Fazit ziehen, dass die Abwärme nicht für die Vitalitätsabnahme verantwortlich gemacht werden kann. Linde Nr. 1 und 9 erlitten jedoch Vitalitätseinbußen aufgrund des Keller- bzw. Heizungsbaus.

Bei Linde Nr. 1 musste die Hälfte des Wurzelballens weichen, um die Kellerräume des Krematoriums (2 Jahre vor Heizungsbau) erweitern zu können. Man war sich bewusst, dass mit diesem Eingriff der Baum absterben würde. Daher wurde er täglich mit 1m<sup>3</sup> Wasser zusätzlich bewässert. Durch den angefügten Heizungsbau hat sich zudem die Situation im Boden, als auch der Wasser- und Wärmehaushalt geändert. Der Oberboden wurde generell trockener, wärmer und stärker durchlüftet (Sand). Wieder erwartend hat die *Tilia platyphyllos* den Eingriff überstanden und steht heute noch. Trotzdem steht die Sommerlinde immer noch unter dem Einfluss der baulichen Maßnahmen. Speziell auf der Seite des extremen Wurzelverlustes beginnen die Blätter sehr viel früher abzutrocknen. Da die Wurzeln an dieser Stelle vollständig fehlen, leidet der Baum in diesem Bereich akut an Nährstoffmangel. Die verbliebenen Wurzeln können den Wasser- und Nährionenmangel nicht vollständig ausgleichen, da sie sich selbst erst an den geänderten Wasserhaushalt und an die Abwärme anpassen müssen. Deutlich wird der Nährstoffmangel durch eine fortschreitende Randnekrose. Der betroffene Bereich ist jedoch sehr scharf zum restlichen Teil der Krone abgegrenzt. Im gesunden Kronenraum sind alle Blätter noch grün gefärbt.

Bei Linde Nr. 9 tritt ein anderes Problem in den Vordergrund. Sie steht am Gebäude umgeben von der bepflasterten Bodenheizung. (A18) Die Wurzeln konnten sich nach dem Eingriff, wie bei jeder anderen Linde auch regenerieren, doch die Wasserverfügbarkeit bleibt in diesem Fall durch die Versiegelung gestört. Unterstützt wird diese Vermutung durch die gehäufte Astreinigung im äußeren und inneren Kronenraum. Bei Linden treten natürliche Absprünge und später auch Totastreinigungen auf. Doch normalerweise sind diese eher selten zu beobachten und dann meist im Kroneninnenraum. Bei der *Tilia cordata* sind jedoch vermehrte Absprünge, vor allem am Kronenrand zu erkennen. Natürlicherweise versucht ein Baum immer, die äußere Verzweigungsstruktur aufrecht zu erhalten, um sich zum Licht strecken und damit konkurrenzfähig bleiben zu können. Das Verhalten der Linde zeigt also eine Störung an. Eine vorgezogene Herbstfärbung konnte an dieser Linde allerdings nicht beobachtet werden. Die restlichen Linden stehen mehr als 60% auf nicht versiegelter Fläche. Der Boden ist für sie frei erschließbar.

Betrachtet man nicht mehr die Morphologie und geht zu den allgemeinen Ansprüchen einer Linde über, so scheint der Standort für die Linden ideal.

Sie bevorzugen zum einen frischen, flach bis tiefgründigen, basenreichen bis mäßig sauren, steinigen Lehm und zum anderen benötigen sie zum gedeihen eine hohe Luftfeuchtigkeit. Fällt diese weg, beginnen Linden vorzeitig mit dem Laubabfall, was durch vorzeitige

---

Blattbräunung bemerkbar wird. Hier hat die Bodenheizung ihren entscheidenden Vorteil für die Linden. Aufgrund der Abwärme wird sofort ein Teil des Niederschlages verdunstet. Durch die erhöhte Luftfeuchtigkeit verkleinert sich die Differenz des negativen Wasserpotentials zwischen der Außenluft und dem Blatt. Da das Wasser immer zum negativeren Potential strömt, verringert sich die Transpirationsrate. Aus diesem Grund strömt bei der Photosynthese weniger Wasserdampf durch die geöffnete Stomata. Daher konnte indirekt ein Ausgleich für die Wurzelverluste geschaffen werden. Zumindest deutet vieles darauf hin, da die Linden im Nachhinein nicht so stark auf die Beschneidung der Wurzeln reagiert haben, wie erst angenommen wurde.

Nach dem Bau war es den Linden möglich, den Boden wieder für sich zu erschließen, da die Rohre nur in eingebrachten Quarzsand gebettet und nicht in betonierten Schächten eingelassen wurden. Damit bestehen langfristig keine Wurzelraumverluste für die Linden. Zusätzlich sind die Wurzeln durch die Erwärmung des Bodens weitgehend gegen Bodenfrost geschützt.

Zwischen den Ritzen der Steine und auf der angrenzenden Fläche zur Bodenheizung finden sich viele krautige Pflanzen. Da sie sich, im Verhältnis zu den Lindenbäumen näher an der Wärmequelle befinden, ist die Wirkung auf sie noch stärker. In diesem Fall beeinflusst die Bodenheizung nicht nur den Standort, sondern entscheidet, welche Pflanzen sich ansiedeln. Durch die Wärmeabgabe haben sich die (Lebensraum-)Eigenschaften des Standortes verändert. Man könnte soweit gehen und sagen: Es entstand ein neues Biotop im Biotop. Am besten lassen sich die eingetretenen Veränderungen durch die mittleren Zeigerwerte der krautigen Pflanzen (nach Ellenberg) beschreiben. (A18) Zeigerwerte sind zahlenmäßige Angaben über das ökologische Verhalten einzelner Pflanzen. Wobei nicht alle Werte stets exakt die Standortseigenschaften widerspiegeln, da bestimmte Größen, wie in dem Fall die Wärme, eine dominantere Rolle spielen. Die untergeordneten Zeigerwerte übernehmen in dem Fall eine Nebenrolle und sind nicht für den Standort absolut geltend.

Auf dem Friedhof konnten *Poa palustris* (Sumpf-Rispengras), *Hieracium sylvaticum* (Wald-Habichtskraut), *Dryopteris filix-mas* (Gemeiner Wurmfarne) und das Moos *Atrichum undulatum* (Katharinenmoos) gefunden werden. Auf und um der Bodenheizung sind *Poa chaixii* (Wald-Rispengras), *Poa trivialis* (Gemeines Rispengras) und *Dicranella heteromalla* (Kleines Gabelzahnmoos) anzutreffen. Aus diesen lassen sich, nach Moosen und Gräsern getrennt, die mittleren Zeigerwerte berechnen und die Standortbedingungen ermitteln.

Auf dem Friedhof herrschen feuchte (6,3), mäßig stickstoffreiche (5,7) und schwach saure bis schwach basische (6) Verhältnisse. Die Pflanzen zeigen eine weite Amplitude gegen die Temperaturverhältnisse (x). *Atrichum undulatum* bestätigt die Verhältnisse. (A19) Auf Grund der Bodenheizung hat sich vor allem der Wert der Reaktionszahl verändert. Bei Feuchte- und Temperaturzahl konnten, nicht wie erwartet, große Veränderungen aus den Zeigerwerten entnommen werden. Der Wert der Reaktionszahl ist von 6 auf 3 abgesunken. Zeigt damit saure Verhältnisse an. Das indifferente Verhalten der krautigen Pflanzen gegenüber der Temperatur bleibt erhalten. Da die Heizung in der Woche sehr viel und am Wochenende weniger Wärme ausstrahlt, müssen die Pflanzen eine hohe Toleranz gegenüber der Temperatur zeigen, um längerfristig auf diesem Standort überleben zu können. Zudem zeigen

---

sie immer noch frische Verhältnisse an. Als vermutliche Ursache kommt die wechselhafte Wärmeauslastung der Bodenheizung in Betracht. Die Pflanzen sind stark abhängig von der Wärmeabgabe der Bodenheizung. Wie schon im Kapitel über die Bodenheizung beschrieben, kann das Wasser in den Rohren bis 70°C heiß werden. Dadurch erwärmen sich dementsprechend die Steine und der Oberboden. Daraufhin vertrocknen die Gräser und das Moos, da die Wurzeln unserer heimischen Pflanzen nicht solch heiße Temperaturen standhalten können und „verbrennen“. Zudem erreichen die Wurzeln nicht das tiefe Erdreich und sind damit vom Oberflächenwasser aus dem Niederschlag abhängig. Bei solch hohen Temperaturen kann dies jedoch keinen Tag vom Oberboden gehalten werden. Erst nach Abschaltung kann nach wenigen Tagen ohne weitere Behandlung, zum Beispiel gießen, das Wachstum von *Poa trivialis* beobachtet werden. Denn nun ist es den Steinen möglich, das Wasser für längere Zeit im Oberboden zu halten und damit einen frischen Standort zu schaffen. Daher spiegeln die Zeigerwerte frische Verhältnisse wieder. Als einziges Moos ist *Dicranella heteromalla* zu finden. Ein weiteres Moos war auf der Fläche oder im angrenzenden Bereich nicht auszumachen. Auch *Dicranella heteromalla* zeigt saure Verhältnisse und zudem trockene Tendenzen des Bodens an. Außerdem besitzt es einen Zeigerwert für die Temperatur (4). Dieser sagt aus, dass der Standort kühle bis mäßig warme Verhältnisse besitzt.

Da sich die Standortseigenschaften nicht in dem Maße verändert haben, wie erst angenommen, hat der Einfluss keine große Auswirkung auf die Biodiversität. Weder Artverlust, noch Verlust an genetischer Variabilität sind hier von großer Bedeutung, da es sich um kein besonders schützenswertes oder seltenes Biotop handelte. Einige Personen würden dagegen halten, dass es zwar keine geschützten Pflanzen oder Biotope getroffen hat, aber dennoch in die Natur eingegriffen wurde. So muss man dem entgegen halten, dass jede versiegelte Fläche in der Stadt den natürlichen Wärmehaushalt eines großen Areals und damit den regionalen Artenpool der Flora für immer verändert hat. Zudem besteht im restlichen Gelände (Friedhof) die ursprüngliche Ausgangssituation weiter, sodass alle Pflanzen, die jetzt nicht mehr in unmittelbarer Umgebung der Bodenheizung bestehen können, eine Ausweichmöglichkeit besitzen. Dies trifft jedoch nur auf Arten mit kurzen Reproduktions- und Entwicklungszeiträumen zu.

Auch die sonst überall auf Steinen vorkommenden Flechten sind den Temperaturschwankungen unterlegen. Speziell sie können sich an so einem unbeständigen Wärmestandort nicht halten, da sie sich so schnell ändernden Verhältnissen nicht anpassen können. Normalerweise kommen bestimmte Flechten mit Trockenperioden oder trockenen Standorten sehr gut zurecht, sie fallen dabei in eine stoffwechsellinaktive Phase. Bei Regen oder vermehrten Wasserdampf, den einige Flechten auch aufnehmen können, schaltet sich der Stoffwechsel wieder ein. Doch bei ständigem Wechsel von extremsten Temperaturunterschieden, und sei es nur das Wochenende, bei dem die Bodenheizung nicht 100%ig ausgelastet wird, kann sich keine Flechte halten. Flechten sind langlebige Organismen, die bei andauernd kurzfristigen Änderungen der Bedingungen (über Jahre hinweg und nicht nur ein einmalig auftretender heißer Sommer) absterben.

---

Aus diesem Grund findet man bei Normalbetrieb der Bodenheizung keine Flechten auf den Steinen. Erst bei einer Abschaltung von mehr als einem Jahr können vereinzelt kleinere Flechtenkolonien mit Lupe wahr genommen werden. Sie beginnen zaghaft mit den ersten Pionierversuchen auf dem Territorium. Bei Einschaltung der Heizung sterben diese jedoch sofort wieder ab. Die Flechten haben keine Möglichkeit, sich auf dem Pflasterboden zu etablieren, da sie weder einen Verdunstungsschutz noch echte Wurzeln haben oder ihren Wasserhaushalt regeln können und damit vertrocknen. Daher stellen die Steine selbst für Flechten einen Extremstandort dar.

An den Linden der südexponierten Seite finden sich auf der Wetterseite der Stämme dauerhafte Flechten. Da sie am Stamm auf der feuchtesten Seite wachsen, sind sie nicht den extremen Temperaturschwankungen und Wassermangel ausgesetzt. Zudem genießen sie den Vorteil umhüllt, von zusätzlicher Luftfeuchtigkeit zu leben. Für diesen Flechten-Standort zahlt sich die Bodenheizung positiv aus.

Aufgrund der anthropogenen Beeinflussung des Bodens durch den Bau der Bodenheizung und den wiederholten Grabaushebungen auf dem Friedhof, lassen sich keine genauen Analysen über die natürlichen Horizontabfolgen des Bodens durchführen. Daher kann lediglich von der Bodenart ausgegangen werden.

Auf dem gesamten Gelände des Friedhofes und des Bestattungswesens findet sich sehr lehmhaltige, wenig Skelett führende Braunerde. Bei dem Bau wurde Quarzsand zum einbetten der Heizrohre aufgeschüttet. Daraus ergab sich für die Pflanzen und auch Bodenorganismen eine völlig neue Situation. Für die Pflanzen war es eine größere Belastung, da sie beim Bau nicht ihren Standort wechseln konnten. Wie schon erwähnt, mussten viele Wurzeln der Lindenbäume weichen. Dazu kamen anschließend die sich ändernden Bodenverhältnisse, als auch die unumgängliche Umstellung im Wasser- und Lufthaushalt.

Sand ist ein sehr guter Wasserleiter. Er besitzt ein geringes Wasserhaltevermögen, sodass keine oberflächennahen Stauwasserhorizonte entstehen können. Durch die Grobkörnigkeit des Sandes bleiben sehr viele Zwischenräume erhalten, die zur Durchlüftung des Bodens beitragen und die Wurzeln als auch die Bodenorganismen mit Sauerstoff versorgen und die Ausatemluft ableiten. Durch die vermehrte Grobporenanzahl (20%-40% Grobporen von 36%-56% Gesamtporenvolumen) wird auch das Wasser sofort in die tiefer gelegenen Lehmschichten abgeleitet. Der sich darunter natürlich befindliche Lehm ist dafür ein schlechter Wasserleiter und besitzt ein gutes Wasserhaltevermögen. Durch den zusätzlichen Kondensationseffekt in den kühleren Bodenbereichen (Lehm) unter der Bodenheizung, erhöht sich der Wassergehalt. Ersichtlich wird die Speicherleistung aus der Aufteilung des Porenvolumens, was in seiner Gesamtheit 35%-65% beträgt. Davon überwiegt der Feinporenanteil mit 25%-35%. Grobporen bilden hier eine Minderheit von 3%-12%. Beide Fraktionen sind damit unterschiedlicher, wie sie nicht sein könnten.

Kurz zur Erläuterung der Funktionen der einzelnen Porengrößen: Grobporen sind Poren, die kein Wasser halten können. Sie dienen zur Ableitung des Wassers in tiefer gelegene Schichten und für die lebenswichtige Sauerstoffversorgung der Wurzeln und Bodenorganismen. Ist der Anteil an Grobporen zu gering, so herrscht ein anaerobes Milieu, in dem das Wurzelwachstum und die Nährelement- bzw. Wasseraufnahme gestört wird.

---

Feinporen dienen als Wasserspeicherporen. Dieses Wasser ist jedoch Totwasser, also nicht Pflanzen verfügbares Haft- und Sorptionswasser. Lediglich das in den Mittelporen gespeicherte Wasser ist für die Pflanzen als Kapillarwasser verfügbar und aufnehmbar. Der Anteil von Mittelporen im Lehm liegt bei 5-15%. Im Sand befinden sich zwischen 2- 12%. Aus diesem Grund sind Böden, die nur aus einer Korngröße bestehen für Pflanzen ungünstig. Dahingegen sind gemischten Korngrößen, beispielsweise Sand und Lehm von Vorteil, da sie sich in ihren Eigenschaften ergänzen. Vorzugsweise wäre beim Bau eine Mischung der beiden Korngrößen von Vorteil gewesen, doch baulich war dies nicht umsetzbar.

Gleichzeitig hat sich der pH-Wert des Bodens über der Heizung erhöht. Er ist jedoch nicht ausschließlich von der Bodenheizung abhängig. Es spielen viele Einflussfaktoren, wie der Kationenbelag der Austauscher, das Redoxpotential, der Wassergehalt, das Ausgangsgestein und der CO<sub>2</sub>-Partialdruck der Bodenluft eine Rolle. Laut den Zeigerwerten der krautigen Pflanzen herrschen saure Verhältnisse. Doch nach Untersuchungen des pH-Haushaltes ist sicher, dass er über der Bodenheizung sehr schwach sauer bis schwach alkalisch (6,6- 7,6 pH-Einheit) und auf dem Friedhof schwach sauer (5,6- 6,8 pH-Einheit) ist (unterschiedliche Proben). Aus den Zahlen wird deutlich, dass die Grenze zwischen sauer und alkalisch überschritten wird. Laut den Untersuchungen von Gerhard Milbert sinkt der pH-Wert eines erwärmten Bodens um ca. 0,2- 0,3 pH-Einheiten ab, wobei er bemerkt, dass in den einzelnen Horizonten keine eindeutigen Unterschiede fest zu machen waren. Hier ist jedoch das Gegenteil zu beobachten. In diesem Fall sorgt die Wärme für eine ständige Verdunstung von, im Lehm befindlichem Grundwasser (gespeichertes Wasser). Durch die Zersetzung der Knochen weist es eine erhöhte Konzentration an Calcium auf. Dieser Kalkwasserdampf kann zwischen den Sandkörnern sehr gut aufsteigen und bewirkt eine verstärkte Konzentration an Calcium in den oberen Horizonten. Dadurch erhöht sich der pH-Wert. (A20) Allgemein beschleunigt die höhere Erwärmung des Bodens den Stoffwechsel der Bodenorganismen, als auch der Wurzeln. Zudem wird durch die erhöhte Aktivität der Bodenorganismen das tote organische Material schneller um- und Nährionen frei gesetzt, was zusätzlich Einfluss auf den pH-Wert nimmt.

Laut Köstler et al. hat die Erwärmung des Bodens auch einen Einfluss auf die Wurzelentwicklung der Pflanzen. Das Wachstum derer wird verstärkt und die Feinwurzelbildung erhöht. Aufgrund dieser These wurden krautige Pflanzen untersucht, doch konnten die Angaben aus der Literatur nicht eindeutig bestätigt werden. Die krautigen Pflanzen über der Heizung zeigen eine höhere Anzahl an Grobwurzeln, wo hingegen die Pflanzen auf dem Friedhof fast ausschließlich Feinwurzeln aufweisen. Welche Ursachen dazu geführt haben, kann nur vermutet werden. Es kann sein, dass durch die Erwärmung der Steine die Feinwurzeln immer wieder absterben und lediglich ein kleiner Teil erhalten bleibt. Weiterhin ist anzunehmen, dass durch die wiederholte Austrocknung die Bodenfestigkeit ansteigt und das Wachstum der Feinwurzeln damit eingeschränkt wird.

Zudem verweist Köstler et al. an anderer Stelle darauf „...Auch in günstiger Tiefe anstehendes sauerstoffhaltiges Grundwasser vermag eine optimale Wasserversorgung der Bäume zu gewährleisten; dabei kann die von Grundwasser dampfförmig aufsteigende Feuchtigkeit mitwirken...“ (Köstler et al., 1968). Durch den aufsteigenden Wasserdampf

---

werden die Wurzeln auch bei Trockenheit mit gespeichertem Wasser aus dem Lehm versorgt. Indirekt unterstützt die Bodenheizung die Wasserversorgung der Pflanzen, speziell der Linden.

---

## 2.3 Einfluss der Bodenheizung auf die Fauna

Die Wirkung der Bodenheizung auf die Fauna ist ein umfangreiches und eigenständiges Thema. Zudem muss man hier anfügen, dass vor allem Tiere, die auf oder im Boden leben, im besonderen Maße beeinflusst werden. Auf Tiere, deren Habitate größer sind als die beheizte Fläche besteht nur eine geringe Auswirkung. Für diese macht die Bodenheizung lediglich ein Teilhabitat aus. Um genaue Ergebnisse über den Einfluss der Heizung auf die Bodenorganismen liefern zu können, würden umfangreiche Untersuchungen benötigt. Versuchspartellen müssten angelegt werden, in denen die einzelnen Tierarten lokalisiert, ausgezählt und verglichen werden könnten. Zudem bestünde die Möglichkeit in den Horizonten die Häufigkeit der Bodentiere und das veränderte Maß der Horizontvermischung zu beobachten. Da aber eine solche Versuchsfeldanlage weder auf dem Friedhof noch zwischen den Heizrohren möglich war, musste auf diese verzichtet werden. Gleichzeitig sollten generell die Untersuchungen bereits im zeitigen Frühjahr beginnen und nicht, wie diese Arbeit im Herbst. Jede weitere Ausführung in diesem Beleg muss dadurch allgemein gehalten werden und ist nicht so fundiert wie die Abhandlung über den Einfluss der Bodenheizung auf die Flora im voran gegangenen Kapitel.

In direkter Nähe zu den Heizungsrohren ist das Leben für Bodenorganismen fast unmöglich, da sich dieser Bereich zu stark erhitzt. Der maximale Toleranzbereich der heimischen Bodenfauna liegt bei 40-50°C. Da aber bis zu 70°C anliegen können, übersteigt die Temperatur den Maximalbereich erheblich. In weiterer Entfernung ist der Boden auf 20-30°C erwärmt, was dem Optimum der Tiere entspricht. Bei kühleren Temperaturen, wie sie häufiger im Boden anzutreffen sind, ist der Stoffwechsel verlangsamt. Laut der Arrhenius-Gleichung verdoppelt bis verdreifacht sich die Reaktionsgeschwindigkeit der Aktivierungsenergie für den Stoffwechsel bei einer Temperaturerhöhung von 10°C. Dies trifft für die beheizte Fläche zu. Dadurch wird die Streu bzw. das tote organische Material schneller umgesetzt.

Zudem ist der Oberboden von vielen Austrocknungsphasen geprägt, was den Boden verhärtet und vor allem die Wurmbesiedlung behindert. Dagegen weist der Unterboden fast immer feuchte Verhältnisse auf. Zwischen diesen Extremen müssen sich die Bodenorganismen behaupten.

Den größten Einfluss hat aber dennoch der pH-Wert des Bodens. Da sich bei den meisten Bodenorganismen die Schutzmechanismen, wie die Pigmentierung der Haut oder Verdunstungsschutz zurück gebildet haben, zeigen sie wenig Toleranz gegenüber Änderungen der Lichtintensität, Trockenheit, Wärme und des pH-Wertes. Aus diesem Grund sind viele Arten an bestimmte Bodenbedingungen gebunden. Grundsätzlich ist der pH-Wert ausschlaggebend für die Besiedlung des Bodens einer Art. Auf eine Änderung dessen können Bodentiere nur schwer reagieren, eher wandern sie ab. Die nächsten Kriterien bilden die Qualität der eingebrachten Streu und der Temperaturhaushalt des Bodens. Festgestellt wurde, dass der Boden sehr schwach alkalisch ist. In dem Bereich kommen vermehrt Bakterien, Lumbricidae (Regenwürmer), Diplopoda (Doppelfüßer), Isopoda (Asseln) und Insektenlarven

---

vor. Vereinzelt sind Collembola (Springschwänze), Milben, Enchytracheidae (kleine Borstenschwänze) anzutreffen, da ihre Arten vor allem an saure Verhältnisse gebunden sind. Natürlich gibt es auch Arten von Familien, zum Beispiel Lumbricidae die sich an saure Verhältnisse angepasst haben. Aber diese sind nicht so häufig wie andere Lumbricidae, die vornehmlich in alkalische Bedingungen anzutreffen sind. Daher zählt man diese eher zu der Bodenfauna, die im sehr schwach sauren bis alkalisch Bereich vorkommt.

Der Streueintrag auf dem Areal ist sehr gut, da es sich gehäuft um Lindenblätter handelt. Vor allem Bakterien bevorzugen leicht umsetzbare organische Streu. Wie schon vorhin benannt, trocknet der Oberboden sehr schnell durch die Wärme und den Sand aus. Daher kommen die Lumbricidae vor allem im feuchten Unterboden (Lehm) vor. Diplopoden leben epi- und hemiedaphisch in der Streu und dem Boden. Gleichzeitig kommen Arten von ihnen unter trockenen als auch feuchten Bedingungen vor. So auch die Isopoda. Collembola kommen hier vor allem im Oberboden und in der Streu vor, da sie an trockene Verhältnisse gebunden sind und die einzelnen Arten einen edaphischen bzw. euedaphischen Lebensformtyp aufweisen.

Für den Boden bedeutet das, dass vor allem Strukturbildner und Streuzersetzer vorhanden sind. Die Aktivität der Streuzersetzer lässt sich sehr gut an der hier vorgefundenen Humusform Mull erkennen. Es ist ausschließlich sehr stark zersetzte Feinsubstanz und keine groben Rückstände, wie Blattadern mehr zu erkennen. Dagegen bleibt die Anzahl an „Gräser“ (Nematoden, Collembola...) geringer. Diese ernähren sich von Mikroorganismen und dezimieren bzw. regulieren deren Bestand. Obwohl man anfügen muss, dass durch den ständigen Eintrag von toten organischen Material die Populationsdichte der Bodenfauna hoch gehalten wird und damit im Verhältnis auch die der „Gräser“.

Auf größere Tiere, die sich sowohl im von Wärme beeinflussten und nicht beeinflussten Bereich aufhalten, bleibt die Wirkung minimal. Diese Tiere nutzen lediglich die Vorteile, die ihnen die Abwärme indirekt bietet. So zum Beispiel sind im Winter vermehrt Spatzen zu beobachten. Da der Schnee über der Bodenheizung schmilzt, entstehen Warmwasser-Pfützen und vermehrt Wasserdampf. Die Spatzen haben gelernt, dass es auf der Fläche warmes Wasser gibt und steuern diese gezielt zum Baden an.

Weiterhin sind Blindschleichen zu beobachten, die die warmen Steine als Sonnensteine nutzen und sich aufwärmen.

In Sommernächten wurde das gehäufte Auftreten von Fluginsekten über der beheizten Fläche beobachtet. Auch wurden immer wieder Microchiroptera (Fledermäuse) gesichtet. Interessant wäre die Untersuchung, ob sich die Fledermäuse das Verhalten der Fluginsekten zu nutzen machen und auffällig oft über der Bodenheizung jagen als im kühleren Umfeld, ihr Jagdverhalten also der Situation angepasst haben. Leider war diese Analyse zeitlich nicht mehr möglich.

Generell ist der Friedhof ein ruhiger Ort der einen großflächigen Park- bzw. Gartencharakter besitzt. Daher sind grundsätzlich vermehrt Tiere, wie Vögel, Eichhörnchen, Katzen, Mäuse,... anzutreffen. Diese haben gelernt, die Vorteile der beheizten Fläche für ihre Zwecke zu nutzen.

---

## 2.4 Nutzen für den Betrieb

In den vorigen Kapiteln wurde speziell auf die Auswirkungen der Bodenheizung auf die Natur eingegangen. In dieser Arbeit soll jedoch der Vergleich oder besser gesagt die Auswirkungen und der Nutzen für den Betrieb gegeneinander abgewogen werden. Daher ist es unumgänglich, ein Kapitel einzufügen, welches mit dem eigentlichen Thema nicht direkt in Beziehung steht, aber für die Bewertung von großer Bedeutung ist. Ansonsten würden dem Leser wichtige Informationen vorenthalten werden und die anschließende Bewertung bzw. das Fazit nicht mehr nachvollziehbar sein.

Durch den Bau der Heizungsanlage im Außenbereich konnte der Betrieb nur positive Erfahrungen sammeln. Zum einen verhindert der Heizbetrieb, dass für die Menschen auf bestimmten Flächen unerwünschte Wachstum von Wildkräutern. Denn wie schon vorher beschrieben, können Pflanzen auf der Fläche keimen, doch bei ständiger Auslastung der Anlage werden die Steine so heiß und trocken, dass sich keine Pflanzen für längere Zeit halten können. Dies wiederum bedeutet, dass im Sommer auf der gesamten bepflasterten Fläche kein Unkraut gejätet werden muss, spart also Zeit, Arbeitskraft und Geld. Und zum anderen, wenn man den bequemen Weg wählt, kommt hier kein Unkrautvernichtungsmittel zum Einsatz. Dadurch wird der Boden und auch die angrenzende natürliche Vegetation geschont und das Grundwasser nicht weiter belastet. Im Winter entfällt das lästige Räumen von Schnee. Auch hier kann damit wieder Zeit und Geld eingespart werden. Bei Betrieb der Bodenheizung schmilzt der Schnee schon beim Auftreffen auf die Steine. Das bedeutet, die Fläche bleibt nicht nur schneefrei, sondern auch trocken. Würden die Steine nicht beheizt, müsste der Schnee geräumt werden oder es käme vielmehr das Streusalz zum Einsatz. Dabei besteht jedoch die Gefahr, dass der Schnee nur antaut und in der Nacht wieder gefriert. Da das Städtische Bestattungswesen ein öffentlicher Betrieb ist, muss unbedingt geräumt werden. Auch dies war ein Grund für die Bodenheizung, da eine solche Fläche nicht ohne größeren zeitlichen Aufwand täglich geräumt werden kann. Zudem entfällt der Einsatz von Streusalz gänzlich, sodass die Vegetation keine Streusalzschäden davon trägt, wie es bei Straßenbäumen oft auftritt. So zum Beispiel die B101 Richtung Nossen. Entlang dieser Strecke zeigt fast jeder Straßenbaum extreme Streusalzschäden und ganze Bäume sind bereits abgestorben.

Die eben beschriebenen Vorteile für den Betrieb haben indirekt einen positiven Nutzen für die Pflanzen. Viele, für uns schon fast als normale, tolerierbare und nicht vermeidbare Schäden an Pflanzen, die wir selbst durch unsere Bequemlichkeit anrichten, wie Salzstreuen statt räumen, oder Unkrautvernichtungsmittel statt jäten, können durch eine solche Bodenheizung zu mindestens vermieden werden. Jedoch sollte man beachten, dass eine Bodenheizung nicht ein günstiges und bequemes Allheilmittel für solch auftretende Probleme ist. Denn es handelt sich hierbei um technologische Abwärme, die anfällt und abgeleitet werden muss. Extra Wärme dafür zu erzeugen wäre Energieverschwendung.

---

### 3. Fazit

Aus der vorigen Ausführung geht ganz klar hervor, dass die Abwärme und der Bau der Bodenheizung einen großen Einfluss auf die Fauna und Flora genommen haben. Jedoch kann nicht bestätigt werden, dass ausschließlich negative Auswirkungen auf die Umwelt bestehen. Ganz im Gegenteil halten sich, laut dem Beleg die Vor- und Nachteile die Waage. Dies gilt für jede einzeln betrachtete Pflanzenschicht und auch den Bodenorganismen. Daher kann kein eindeutiger Standpunkt bezogen werden. Der größte Nachteil der allgemein von einer Bodenheizung angenommen wird, ist der durch eine erhöhte Verdunstungsrate entstehende Wassermangel im Boden, welcher im Beleg wiederlegt werden konnte. Zudem liegen die Vorteile der Abwärme für den Betrieb, wie beschrieben, klar auf der Hand.

Aus diesem Grund lässt sich insgesamt sagen, dass neben den Vorteilen für den Betrieb auch die Fauna und Flora profitieren, was das ursprüngliche Anliegen des Betriebes für den Beleg war.

Abschließend muss man sagen, dass die Arbeit in viele Richtungen Anregungen für weitere Forschungen auf diesem Gebiet bietet. Wie schon oft erwähnt, waren viele Untersuchungen in der Kürze der Zeit des Projektes leider nicht durchführbar. Daher sollten die aufgestellten Thesen, als auch die daraus gezogenen Schlüsse für weiterführende wissenschaftliche Arbeiten bzw. Nachweise über Jahre erforscht und fundiert werden. Das heißt, dass die in dieser Arbeit enthaltenen Informationen nicht ohne weitere Überprüfung in andere Forschungen einfließen sollten.

Zu hoffen bleibt letztendlich, dass der Beleg einen kleinen Einblick in die sehr komplexen Wirkungen der Bodenheizung auf die Fauna und Flora geben konnte.

---

## Literaturverzeichnis

Hecker, Ulrich (2006): Bäume und Sträucher; BLV Buchverlag GmbH & Co. KG; München; 478 Seiten

Hofmann, Roland (2009): Gespräch

Kirschbaum, U., Wirth, V. (1997): Flechten erkennen- Luftgüte bestimmen; Eugen Ulmer GmbH & Co.; Stuttgart; 128 Seiten

Köstler, Brückner, Bibelrither (1968): Die Wurzeln der Waldbäume; Verlag Paul Parey; Hamburg und Berlin; 284 Seiten

Milbert, Gerhard (1985): Veränderung der Bodeneigenschaften im Bodenheizungsversuch; Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktor der Landwirtschaft; Institut für Bodenkunde der Rheinischen Friedrich Wilhelm-Universität Bonn; 169 Seiten

Rehfuess, Karl E. (1990): Waldböden- Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung; Paul Parey Verlag; Hamburg und Berlin; 294 S.

Roloff, Bärtels (2008): Flora der Gehölze; Eugen Ulmer KG; Stuttgart; 855 Seiten

Roloff, A., Pietzarka, U. (2006): Der Forstbotanische Garten Tharandt- Sächsisches Landesarboretum; Selbstverlag: TU Dresden; Dresden; 232 Seiten

Schaldach, J. (2009): Gespräch

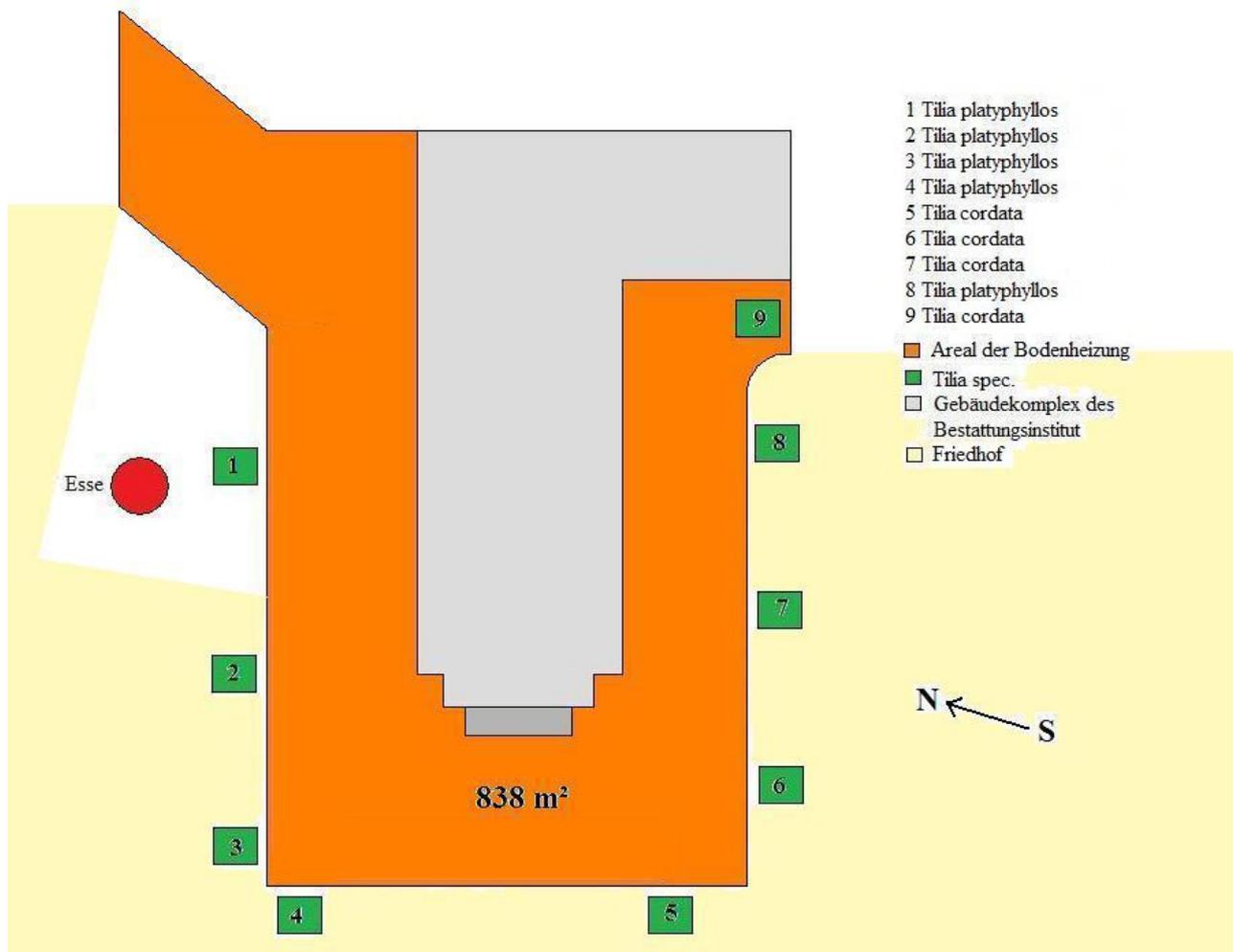
Schroeder, Diedrich (1992): Bodenkunde in Stichworten, Hirt in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung; Berlin, Stuttgart; 175 S.

Tiebel, Katharina (2005): Betriebswirtschaftliche Bewertung der Einzelkomponenten in der Einäscherungsanlage Meißen

---

Anlagen	Seite
Plan des Areal	18
mittlere Zeigerwertberechnung	18
Vitalitätsbeurteilung und BHD der Linden	19
Bodenuntersuchung	20

## Skizze des Areals



Darum befindet sich freier, nicht versiegelter Boden.

## mittlere Zeigerwertberechnung

(Zeigerwerte nach Ellenberg)

### **Bodenheizung**

<b>krautige Pflanzen</b>	<b>R</b>	<b>F</b>	<b>N</b>	<b>L</b>	<b>T</b>	<b>K</b>
Poa chaixii	3	6	4	6	x	4
Poa trivialis	x	7	7	6	x	3
<b>mittlere Zeigerwerte</b>	<b>3</b>	<b>6,5</b>	<b>5,5</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>3,5</b>

### **Moos**

Dicranella heteromalla	2	4	x	5	4	5
------------------------	---	---	---	---	---	---

---

### Bäume

Tilia cordata	x	5	5	5	5	4
Tilia platyphyllos	x	6	7	4	6	2
Taxus baccata	7	5	x	4	5	2
Ilex aquifolium	4	5	5	4	5	2
<b>mittlere Zeigerwerte</b>	<b>5,5</b>	<b>5,3</b>	<b>5,7</b>	<b>4,3</b>	<b>5,3</b>	<b>2,5</b>

### Friedhof

<b>krautige Pflanzen</b>	<b>R</b>	<b>F</b>	<b>N</b>	<b>L</b>	<b>T</b>	<b>K</b>
Poa palustris	8	9	7	7	5	5
Hieracium sylvaticum	5	5	4	4	x	3
Dryopteris filix-mas	5	5	6	3	x	3
<b>mittlere Zeigerwerte</b>	<b>6,0</b>	<b>6,3</b>	<b>5,7</b>	<b>4,7</b>	<b>5</b>	<b>3,7</b>

### Moos

Trichum undulatum	4	6	-	6	x	5
-------------------	---	---	---	---	---	---

**R: Reaktionszahl**

**F: Feuchtezahl**

**N: Stickstoffzahl**

**L: Lichtzahl**

**T: Temperaturzahl**

**K: Kontinentalitätszahl**

## Vitalitätsbeurteilung und BHD

Nummer	Art	Vitalitätsstufe	Brusthöhen- durchmesser in cm
1	Tilia platyphyllos	2,5	75
2	Tilia platyphyllos	2	54
3	Tilia platyphyllos	1,5	52
4	Tilia platyphyllos	1,5	56,5
5	Tilia cordata	2	60,5
6	Tilia cordata	2	67,5
7	Tilia cordata	2	67,5
8	Tilia platyphyllos	1	71,5
9	Tilia cordata	2	98

**Brusthöhendurchmesser (BHD)** wird in 1,30 cm höhe gemessen → darauf beziehen sich alle forstlich relevanten Daten

### Erläuterung zu den Vitalitätsstufen:

Stufe 0 → Wipfeltrieb wird aus Langtrieben gebildet

- 
- Stufe 1 → Trieblänge nimmt ab  
 → Astreinigung schreitet nach Außen (Kronenrand) fort  
 → Bildung spießartiger bzw. längliche Strukturen bis zu Verzweigungslücken im Kroneninneren
- Stufe 2 → Terminaltrieb gehen zu Kurztrieb Bildung über  
 → Wipfel richtet sich meist nicht mehr auf  
 → Entwicklung pinselartiger Strukturen
- Stufe 3 → Krone zerfällt in Fragmente
- Stufe 4 → abgestorben

## **Bodenuntersuchung**

	GH	KH	pH
Proben vom Friedhof			
1	>4°d	0°d	5,6
2	>4°d	6°d	6,8
3	>7°d	10°d	6,4
4	>4°d	6°d	5,8
5	>4°d	6°d	6,4
<b>Mittelwert</b>	<b>&gt;4,6°d</b>	<b>5,6°d</b>	<b>6,2</b>
Proben der Bodenheizung			
1	>14°d	20°d	8,4
2	>7°d	15°d	7,2
3	>4°d	6°d	6,4
4	>4°d	10°d	7,2
5	>7°d	10°d	7,2
6	>7°d	20°d	7,6
<b>Mittelwert</b>	<b>&gt;7,17°d</b>	<b>13,50°d</b>	<b>7,33</b>

GH: Mineralienanteil im Wasser

KH: Pufferung des pH-Wertes

pH: negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration