

A. Anlagen für Erdbestattung.

Wir treten nunmehr in die Betrachtung derjenigen Anlagen und Einrichtungen ein, welche in der Neuzeit zur Bestattung der Toten dienen. Wir betrachten dabei vor allem die Anlagen für Erdbestattung und diejenigen für Feuerbestattung, beginnen mit ersteren und werden letztere unter B behandeln.

1. Kapitel.

Hygienische Grundzüge und Erfordernisse bei der Anlage von Begräbnisplätzen.

a) Erforderliche geologische Beschaffenheit der Begräbnisplätze.

26.
Zerfetzung
des
menschlichen
Leichnams.

Die Erkenntnis der den Friedhöfen der Neuzeit anhaftenden Mängel hat für die Anlage der Begräbnisplätze die Festsetzung bestimmter hygienischer Grundzüge und Erfordernisse herbeigeführt, welche sich hauptsächlich auf die dem Wesen und der Natur des Leichenzerfetzungsprozesses entsprechende geologische Beschaffenheit des Friedhofgeländes und auf einen regelrechten hygienischen Betrieb bei der Benutzung des letzteren beziehen.

Die erstangeführte Grundlage, kraft deren, den neueren Forschungen entsprechend, die erforderliche günstige geologische Beschaffenheit des Geländes mit dem Verlauf des Zerfetzungsprozesses in Verbindung gebracht wird, ist um so auffälliger, als letztere von ersterer vollständig abhängig ist. Deswegen muß in die Natur des Zerfetzungs Vorganges des menschlichen Körpers genauer eingegangen werden, um allerlei Forderungen geologischer Natur, die man an einen neuzeitlichen Begräbnisplatz der Gegenwart zu stellen pflegt, klarzulegen.

Bei dem Zerfetzungsprozesse des Leichnams wirken meistens zwei Vorgänge mit: die Verwesung und die Fäulnis. Die organischen Substanzen des menschlichen Körpers verwandeln sich bei der Verwesung (d. h. Verbrennung auf kaltem Wege), die nur bei genügendem Zutritt von Sauerstoff stattfinden kann, durch Oxydation in Kohlenäure, Wasser, Salpetersäure, bezw. zu ihren Verbindungen mit vorhandenen Basen. Alle gasförmigen Verwesungsprodukte, die eine Hauptrolle bei der Ernährung der Pflanzenwelt unmittelbar und in der Tierwelt mittelbar spielen, gelangen teils in die atmosphärische Luft, teils lösen sie sich in den Bodenwässern. Die unorganischen (mineralischen) Bestandteile des menschlichen Körpers, z. B. Kalkerde, Natron und deren phosphorsaure Verbindungen (wie phosphorsaurer Kalk, phosphorsaures Magnesium u. f. w.), unterliegen keinen Oxydationen, sondern gehen Ver-

bindungen mit den Salzen der Graberde ein. Diese Verbindungen lösen sich teils in den Bodenwässern auf; teils bleiben sie als feste Rückstände (Knochenasche) im Grabe zurück.

Der Zeretzungsprozess des Leichnams wird aber bei unferen klimatischen Verhältnissen nur selten durch den rein oxydativen Verwesungsvorgang allein bewirkt. Der mangelhafte Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff und die oft auftretende zu große Feuchtigkeit des Geländes bewirken immer Fäulnisercheinungen, welche durch die zerstörende Tätigkeit der Fäulniserreger zu erklären sind. Die Folge der letzteren Tätigkeit ist das Abspalten aus dem Hauptbestandteile des menschlichen Körpers, dem Wasser, des Wasserstoffes, welcher mit den organischen Elementen der Eiweißstoffe Wasserstoffverbindungen eingeht. Diesen Reduktionsprodukten sind die Kohlenwasserstoffe, das Ammoniak, das Wasser und der Schwefelwasserstoff zuzurechnen. Ausser dieser Gruppe der anorganischen Verbindungen sind von den faulen Zeretzungsprodukten u. a. noch die Leichenalkaloide (fog. Ptomaine) zu nennen.

Als Fäulniserreger treten die fog. Spaltpilze (Mikroorganismen, Bakterien, Bazillen u. f. w.), die Schimmelpilze (Pflanzengebilde) und endlich die Tierwelt (Larven von Fliegengattungen und anderen Insekten) auf.

Die erste Phase der faulen Zeretzung, also die Bildung der übelriechenden Gase und Flüssigkeiten und höchst giftigen Kadaveralkaloide, ist auch die gefährlichste, und die ganze Aufgabe des Erdbodens besteht in der möglichst vollkommenen Absorption dieser schädlichen Produkte und deren Zurückhaltung bis zur letzten Oxydationsstufe, welche diese Zeretzungsprodukte wieder unschädlich macht.

Der Zeretzungsvorgang des Leichnams besteht daher aus dem Wechsel von Reduktions- und Oxydationsphasen, und sein Verlauf ist von der mechanischen Absorptionsfähigkeit und chemischen Reinigungskraft des Erdbodens abhängig. Diese beiden Neutralisationsfaktoren stehen im engen Zusammenhang mit der Bodenbeschaffenheit, in erster Linie also mit der geologischen Natur des Bodens.

Die Begünstigung der Oxydationsphasen, also der Verwesung, und die Unterdrückung der Reduktionsphasen, somit der Fäulnisercheinungen, ist von dem im Erdboden sich vollstreckenden Luftwechsel abhängig. Je reger dieser ist, je rascher somit Feuchtigkeit und Trockenheit miteinander abwechseln, desto größeren Verwesungscharakter weist der Zeretzungsvorgang des Leichnams auf, mit dem die bloße Erzeugung von Kohlenäure und Wasser verbunden ist. Mittlere Trockenheit und Porosität des Bodens sind deswegen die ersten Zeichen seiner günstigen Beschaffenheit. Dagegen ist ein die Feuchtigkeit lang zurückhaltender Boden, worin nur ein geringer Luftwechsel stattfinden kann, zu verwerfen. Da aber bei der Wahl des Geländes für eine günstige Gräberanlage ausser der Beschaffenheit der Schicht, in deren Bereich der Sarg gelangt, auch die Beschaffenheit der darüber und darunter lagernden Bodenschichten in Betracht gezogen werden muss, so sind diese drei Schichten einzeln zu betrachten, da ihre Zusammensetzung wegen der verschiedenen Aufgaben, die ihnen zufallen, auch verschieden sein soll.

In der obersten Bodenschicht (die sich von der Erdoberfläche bis zur Zeretzungszone des Leichnams erstreckt) soll eine mittlere Dichtigkeit der Zusammensetzung vorhanden sein. Eine zu große Porosität dieser Erdschicht könnte die schädlichen Grabausdünstungen noch vor ihrer vollständigen Neutralisierung an die Erdoberfläche durchdringen lassen. Dagegen könnte eine in Bezug auf die Luft-

durchlässigkeit zu starke Konsistenz dieser Schicht auf den Zutritt des für die Verwesung so nötigen Sauerstoffes hemmend wirken und Fäulnis verurfachen.

Die zweite unter dieser obersten liegende Schicht, die sog. Verwesungs-, richtiger Zerfetzungszone, muß eine etwas grössere Dichtigkeit besitzen, weil ihr die Aufgabe der Reforption zufällt; doch darf darin, besonders in den Lagen über dem Sarge, die für die oben angedeutete Sauerstoffzufuhr und die Durchlässigkeit der versickernden Tagwasser nötige Porosität nicht fehlen.

Die unterste Schicht endlich, die sich von der unteren Grenze der Zerfetzungszone bis zum Grundwasserpiegel erstreckt (wobei natürlich der höchste beobachtete Grundwasserstand gemeint ist), die sog. Filtrationschicht, soll die grösste Dichte besitzen, soll jedoch weder wasser- noch luftdicht sein, damit sie die versickernden Tagwasser von den aus der Verwesungszone stammenden, noch nicht vollkommen oxydierten, also schädlichen organischen Bestandteilen befreien kann, ehe diese das Grundwasser erreichen.

28.
Bodenarten:
oberste Schicht.

Als die geeignetste Bodenart für die oberste Schicht sind in erster Linie leicht trocknender Geröllboden, auch lockerer grobkörniger Kies (Grand) und Schotter zu bezeichnen. Diese Bodenarten gestatten einen regen Luftwechsel und halten die Feuchtigkeit nur kurze Zeit auf. Auch der aus groben Quarzkörnern bestehende lufttrockene Sandboden kann als zu diesem Zwecke geeignet bezeichnet werden, obwohl er schon die Feuchtigkeit länger aufhält, besonders bei für die versickernden Tagwasser ungenügend durchlässigem Unterboden.

Lufttrockener, aber lehmhaltiger Kies (dessen relative Durchlässigkeit für Feuchtigkeit und Luft 34,5 Vomhundert der Durchlässigkeit des lufttrockenen und lehmfreien Sandbodens beträgt), dann feucht gefättigter lehmfreier Kies (mit 22,2 Vomhundert relativer Durchlässigkeit) und mit Feuchtigkeit gefättigter Sand (mit 18,1 Vomhundert relativer Durchlässigkeit) können für den fraglichen Zweck noch in Betracht gezogen werden.

Als der beste Boden für die oberste Schicht aber empfehlen sich vor allem alle kalkhaltigen Bodenarten (z. B. Kalktuff), besonders diejenigen mit reichem Kalk- und Sandgehalte, von welchem letzterem die Durchlässigkeit abhängig ist.

Lehmboden (zulässig noch im Falle einer reichen Durchmischung mit Sand und Kalk), besonders im fetten Zustande, d. h. mit mehr als 60 Vomhundert Tongehalt, dessen Durchlässigkeit nur sehr gering ist und zu Fäulnisercheinungen Anlaß gibt, ferner auch Tonboden (mit nur geringem Gehalte an Sand) sind zu vermeiden.

Humusreiche Bodenarten aber (Sand mit Beimischung von Lehm, Ton, Mergel, Eisenocker, Humus- und Torfpulver), wie z. B. Heidehumus, Torfmoor und Sumpfboden, sind als ungeeignet zu bezeichnen, und zwar um so ungeeigneter, je reicher sie an Humusäure und je weniger sie mit Sand vermischt sind, da sie sich dabei desto schneller mit Fäulnisprodukten übermäßigen.

Endlich ist ein klüftiger Gesteinsboden — und dies bezieht sich auf alle drei Schichten — vollständig auszufliessen, da er über dem Sarge die Bildung einer luft- und wasserdichten Decke bewirken würde, was den geschilderten Hauptanforderungen geradezu entgegengefetzt wäre. Ausserdem könnten die Tagwasser sich in den Klüften und Hohlräumen der Verwesungszone ansammeln, und somit könnte es geschehen, daß die Särge oft im Wasser stehen.

Aus demselben Grunde ist für die oberste Schicht auch jede ungleichmäsig

zusammengesetzte Bodenart strenge zu vermeiden, da es, wie z. B. bei Lehm mit Kies- oder Sandadern, geschehen könnte, daß diese letzteren als Wasserabzugskanäle tätig sind und das Wasser in die Verwefungszone hinableiten könnten.

Für die mittlere oder Verwefungsschicht, die auch Abfunktionsfchicht genannt werden kann, eignen sich nur folche Bodenarten, welche der größten mechanifchen und chemifchen Effekte fähig find. Somit ftellen sich kalkhaltige Bodenarten als die geeignetften und allergünstigften dar, in erfter Linie Kalktuff (kalkreichfte Art mit 93 bis 98 Vomhundert Kalk), Lös (bis 25 Vomhundert Kalkgehalt), ferner Gipsmergel (letzterer aber nur dann, wenn fein Kalkgehalt wegen der Löslichkeit des Kalkes im verfickernden kohlenfauren Wasser nicht unter 8 bis 10 Vomhundert finkt).

29.
Verwefungs-
fchicht.

Auch Mergelfand ohne gröbere Gemegeteile ift zuläffig. Die hohe Bedeutung des Mergels für die Zwecke der Abfunktions besteht in der Neutralisierung der freien Säuren, die sich im erften Stadium der Fäulnis entwickeln, durch den kohlenfauren Kalk und das kohlenfaure Magnesium, mit denen alle kalkhaltigen Bodenarten reich verforgt find. Hierdurch wird der Zutritt weiterer Mengen von Sauerstoff und die Beendigung (Oxydation) der erften Zerfetzungsstufe bewirkt.

Sehr geeignet find auch für die Abfunktionsfchicht manche Bodenarten mit Eifengehalt. So ift die mechanifche abfunktierende Wirkung des fpröden eisenhaltigen Tones auf das Ammoniak der Zerfetzungsprodukte fehr groß. Die chemifche Wirkfamkeit dieser Bodenart macht sich darin geltend, daß manche Säuren der faulen Zerfetzung, wie Schwefel- und Phosphorwasserstoff, Verbindungen mit dem Eifenoxyd eingehen, indem sie schwarzes Schwefel- und Phosphoreifen bilden, die durch weitere Oxydation zu schwefel- und phosphorfauren Salzen (Sulfaten und Phosphaten) werden.

Es fei hier auch der eisenhaltige Lehm erwähnt, deffen Abfunktionswirkung auf das Ammoniak nachgewiefen wurde; überhaupt ift in der mittleren Schicht ein beträchtlicher Gehalt an Lehm als wünschenswert zu erachten, da er, die Poren des Bodens verengend, die Aufnahme der löslichen Fäulnisprodukte und deren Abgabe an die niedergehenden Tagwasser bewirkt und fomit als Regulator tätig ift.

Diese bislang angeführten Bodenarten find in erfter Reihe zu empfehlen. Die große Aufgabe der Neutralisierung fchädlicher Fäulnisprodukte der Zerfetzungszone kann nur durch entfprechende, mechanifch und chemifch stark wirkende Bodenarten erfüllt werden.

Die für die oberfte Schicht als geeignet erwähnten Bodenarten find unter Umständen auch für diese zweite Schicht als zuläffig zu betrachten, aber nur in einer dichteren, abfunktionsfähigeren Zusammenfetzung. Bei zu starker Porofität dieser Schicht könnte die Folge eintreten, daß sie durch die in einem folchen Falle zu fehnell dem Grundwasser zufließenden Tagwasser ausgewafchen und hierdurch das Grundwasser verunreinigt würde.

Die Stärke der unterften und für die Filtrationszwecke wichtigften Erdfchicht endlich, des fog. Filtrats, von deffen Tätigkeit der Hundertsatz der fchädlichen organifchen Substanzen im Grundwasser abhängig ift, wechfelt je nach der Befchaffenheit der Bodenart, bezw. der Weite der Bodenporen. Bei weiteren Hohlräumen, wie sie grober Kiesand (Grand), Schotter, Gerölle etc. befitzen, ift die Stärke des Filtrats mit über 50 cm anzunehmen. Für Bodenarten mittlerer Porofität, z. B. Sand und Grand bis zu einer Korngröße von 2mm Durchmesser, genügt eine Stärke von

30.
Filtrations-
fchicht.

50 cm, während eine dichtere Fügung (wie bei verschiedenartigen Mischungen von Ton, Lehm und Sand) nur einer weniger als 50 cm starken Filtrationsfchicht bedarf.

Man kann die Tätigkeit des Filtrats als eine Fortsetzung der Tätigkeit der Absorptionsfchicht betrachten. Was diese zu leisten nicht im stande war, wird zur Aufgabe des Filtrats, welches die in den versickernden Tagwaffern gelösten organischen Stoffe bis zu ihrer letzten Oxydationsstufe, also bis zur vollkommenen Neutralisierung, zurückhalten muß. Von diesem Standpunkte aus sind auch für die unterste Bodenschicht die schon erwähnten kalk- und eisenhaltigen Bodenarten als wünschenswert zu bezeichnen.

31.
Boden-
feuchtigkeit.

Die große Bedeutung des niedersickernden Bodenwassers (Regen- und Schneewassers), welches dem Boden wechselnden Feuchtigkeitsgehalt verleiht, besteht einerseits in seiner Fähigkeit, die gasförmigen Zeretzungsprodukte (wie z. B. Kohlenfäure und Ammoniak) zu absorbieren und ihre Diffusion nach außen zu verhindern, andererseits in der durch dieses kohlenfäure Waffer verursachten Auflösung der nichtflüchtigen (festen und flüchtigen) Zeretzungsprodukte. Die durch das Bodenwasser verursachte Feuchtigkeit darf aber nicht zu lange andauern, und je schneller sie wieder der Trockenheit weicht, desto mehr wird der Zeretzungsprozess den Charakter der Verwesung annehmen.

Der zu große Feuchtigkeitsgehalt solcher Bodenarten, welche für die oxydierende Luft undurchlässig sind (der sog. nassen oder kalten Bodenarten) könnte eine Leichenwachsbildung (*Adipocire*), d. h. die Umwandlung der menschlichen Leichengewebe und besonders der Eiweißstoffe in eine Fettart, verursachen. Dies wäre eine höchst widerliche und antihygienische Art der Zeretzung, die sich weder als ein Verwesungs-, noch als ein Fäulnisprozess darstellt¹³⁾.

Auch bei zu großer Trockenheit des Bodens wird der Zeretzungsprozess aufgehalten, weil die Leichen, besonders die Kinderleichen, wasserarm werden und die Entwicklung der tierischen Organismen stark gehemmt ist. Es kann daher, wenn kein neues Waffer zum Leichnam hinzutreten kann, das Austrocknen (die Mumifikation) der Leiche eintreten, was vielleicht vom ethischen und hygienischen Standpunkte aus die wünschenswerteste von allen natürlichen Bestattungsarten wäre, jedoch vom wirtschaftlichen Standpunkte nicht empfohlen werden kann, weil in diesem Falle die Wiederbenutzung des Begräbnisplatzes ausgeschlossen sein würde. Im übrigen würden im Falle einer großen Anhäufung mumifizierter Leichen immerhin auch für die öffentliche Gefundheit große Nachteile entstehen.

32.
Bodenluft.

Die Zusammenfetzung der Grund- oder Bodenluft ist abhängig von der Durchlässigkeit des Bodens in Bezug auf seine Luft- und Feuchtigkeitsgehalt. Die Bodenluft wird einerseits durch das Eindringen der atmosphärischen Luft, andererseits durch die nach außen diffundierenden Gräbergase und durch die Temperaturunterschiede zwischen der atmosphärischen und der Bodenluft in Bewegung gefetzt. Auch spielen unter der Voraussetzung eines lockeren Bodens die starken Windströmungen an der Erdoberfläche eine wichtige Rolle. Beim heftigen Eindringen der atmosphärischen Luft, die den Verwesungsprozess begünstigt, wächst der Gehalt der Bodenluft an Sauerstoff; dagegen wird der schädliche Kohlenfäure- und Ammo-

¹³⁾ Die Umwandlung in Leichenwachs ist in Zürich auf dem an der Promenade gelegenen Friedhof beobachtet worden; sie hat seiner Zeit eine gewisse Aufregung hervorgerufen und Anlaß zu der dortigen Bewegung für Leichenverbrennung gegeben. — Auch bei der Räumung (im Jahre 1785) des Friedhofes *Des Innocents* zu Paris (der seit dem XVI. Jahrhundert als Hauptbegräbnisplatz für Paris gedient hat) stiefs man zum großen Teile auf Leichen, die nicht völlig verwest, sondern in Fettwachs umgewandelt waren.

niakgehalt vermindert. Andererseits bedingt wieder der relative Feuchtigkeitsgehalt des Bodens das Steigen und Sinken des Grundwasserspiegels, und hiermit ist auch das Verdrängen und Wiedereindringen der Bodenluft verbunden.

Hierdurch wird ein steter Wechsel in der Zusammenfassung der aus der atmosphärischen und der Gräberluft bestehenden Bodenluft und auch in ihrer Bewegung nach verschiedenen Richtungen, und zwar hauptsächlich in der lotrechten, verurfacht.

Die meteorischen Tagwasser sickern, nachdem sie zu einem kleinen Teile an der Oberfläche verdunstet oder oberflächlich abgefließen sind, durch die verschiedenen Bodenschichten und sammeln sich in einer gewissen Tiefe auf einer undurchlässigen Schicht, wo sie den Grundwasserstrom bilden. Der abwechselnd steigende und fallende Grundwasserspiegel, welcher vom relativen Feuchtigkeitsgehalte der Luft abhängig ist, übt auf den Charakter des Zerfetzungs Vorganges einen bedeutenden Einfluss aus. Der günstige Verlauf des letzteren hängt vom Abstände des Grundwasserspiegels von der Grabfohle ab.

Wenn die zulässige Grenze des Grundwasserstandes überschritten wird und hierdurch das Grundwasser in den Bereich der Zerfetzungszone einzudringen droht, so wird dem Uebel durch die Trockenlegung (Drainage) des Gräberfeldes abgeholfen. Dieser Drainage wird entweder der ganze Begräbnisplatz oder, da die Schwankungen des Grundwasserspiegels von der Bodenbeschaffenheit abhängen und daher an verschiedenen Stellen verschieden sein können, auch nur der betreffende Teil davon (Sektion) unterzogen.

Wenn der Friedhofboden Ueberflchwemmungen ausgesetzt ist, so sucht man häufig gleichfalls in der Drainage einen Ausweg; doch ist die Benutzung eines solchen Friedhofbodens überhaupt verwerflich.

Die hier verwendeten Drainrohre sind glasierte Tonrohre und besitzen 25 bis 100 mm lichte Weite, 9 bis 15 mm Wandstärke und 320 bis 370 mm Länge. Die Stöße werden mit Zement oder Asphalt gedichtet, um das Einwachsen der Baumwurzeln zu verhindern. Die Tiefe, in welcher die Drainrohre gelegt werden, beträgt je nach der Tiefenlage des höchsten Grundwasserstandes 1,25 bis 3,00 m. Der Abstand der einzelnen Rohrleitungen voneinander soll das 10- bis 25fache der Tiefe, in welche sie gelegt sind, betragen.

Wenn das Gelände genügendes Gefälle hat, werden die Drainwasser behufs sicherer Desinfektion auf eine Wiese geleitet und müssen wegen ihrer starken Verunreinigung wie städtische Kanalwasser behandelt werden. Mufs aber eine künstliche Vorflut geschaffen werden, dann wird das Drainwasser in besonderen Brunnen-schächten gesammelt und mittels Pumpenanlagen mit Motorbetrieb an die Erdoberfläche befördert und abgeleitet.

Die Desinfektion der abgeleiteten Drainwasser wird oft bis zu einem gewissen Grade durch künstlich geschaffenes Filtrat bewirkt.

Dies ist z. B. in Bordeaux der Fall, wo die in einer Tiefe von 2 m unter der Hauptallee des Friedhofes angelegten Drainrohre in Sammelschächte münden, welche mit einer Filtrations-schicht von Kiessand umgeben sind. Auf diese Weise fließen die filtrierten Abwasser in die Dêvêse ab.

Die Entwässerung auf dem israelitischen Friedhofe zu Breslau erfolgt durch Klärgruben nach einer unter der Gräberfohle verlegten Drainageleitung. Durch diese fließen die Abwasser nach einer Reinigungsanstalt (System *Hulwa*) und von dort nach den Deichgräben.

Oft werden auch die untersten Schichten der Zerfetzungszone (also unter der

Gräberfohle) durch sekundäre Drainrohre entwässert. Eine solche Anlage ist in Versailles durchgeführt.

In keinem Falle aber darf das abgeleitete Drainwasser als Nutzwasser verwendet werden.

In Wiesbaden gelangen die Abwässer, die aus dem Nutzwasser und den aus den Gräften herftammenden Leichenflüssigkeiten bestehen, in den Hauptkanal des friedhöflichen Entwässerungsnetzes und werden, nachdem sie daselbst durch das aus der städtischen Wasserleitung stets zufließende Wasser teilweise gereinigt wurden, zur weiteren Filtrierung in den Wald geleitet und in Laufgräben verteilt.

Der oft den Drainrohren zugeschriebene Vorteil, welcher darin bestehen soll, daß die Wasserableitung auch gleichzeitig eine unterirdische Lüftung bewirkt, kann eher als ein Nachteil betrachtet werden; denn den Gräbergasen, welche durch das fließende Drainwasser in die Rohre mitgeriffen werden, wird im Falle der Ableitung auf Wiesen und dergl. hierdurch ein freier Austritt geboten und die Möglichkeit der Verunreinigung der atmosphärischen Luft herbeigeführt. Diese Gefahr könnte allerdings durch Anwendung eines Wassergeruchverschlusses abgewendet werden.

Die Mißstände eines zu hohen Grundwasserstandes sucht man oft durch künstliche Erhöhung (Aufschüttung) des Bodens oder auch für den Fall, daß das Wasser von einer undurchlässigen Filtrationschicht aufgehalten wird, durch Bohrungen der letzteren an verschiedenen Stellen nachzuhelfen. Doch kann diese Maßnahme nicht als ernst und dauerhaft betrachtet werden. Die festen und flüssigen, von den Tagwässern mitgeriffenen Fäulnisstoffe könnten bald die Verstopfung solcher Bohrlöcher verursachen und das Wiedererscheinen der alten Nachteile zur Folge haben.

Das gleiche läßt sich von den bei schlecht durchlässigen Bodenarten viel empfohlenen Abzugsrinnen sagen. Hierdurch würde nur den Mißständen an der Erdoberfläche abgeholfen, während die Hauptnachteile im Unterboden bestehen blieben.

34.
Bodenwärme.

In der Entwicklung der tierischen und pflanzlichen Organismen, die den Zersetzungsvorgang des Leichnams bewirken, spielt unter anderen Faktoren auch die Temperatur des Bodens — die sog. Bodenwärme — eine wichtige Rolle. Der Zersetzungsvorgang erfordert gewisse maximale und minimale Temperaturgrenzen, innerhalb deren er fortzuschreiten kann. Bei Ueberschreitung dieser Grenzen treten sofort Erscheinungen auf, die nicht mehr den Zersetzungscharakter tragen.

Hiernach bilden die Bodenarten mit einer konstanten Temperatur von 0 Grad C. (in Polargegenden), andererseits auch die Sandwüsten am Aequator eine schützende Hülle für die Leichen, die im ersteren Falle unzerfetzt konserviert¹⁴⁾, im zweiten Falle vollständig ausgetrocknet und mumifiziert werden¹⁵⁾.

Diese Fälle sind als kritische Momente zu bezeichnen und sind, da die menschliche Hülle dabei unverändert erhalten bleibt, für die öffentliche Gesundheit auch die am wenigsten gefährlichen. Am gefährlichsten in dieser Beziehung aber sind die Temperaturen von 4,5 bis 7 Grad C., welche in kalten und nassen Bodenarten vorkommen, in denen sich der Zersetzungsvorgang verlangsamte und wobei die Lebensfähigkeit der infektiösen Bazillen begünstigt wird.

Somit ist eine in gewissen Grenzen sich bewegende Bodenwärme für den günstigen Verlauf der Verwesung unbedingt nötig. Die Wärmeabsorption verschiedener Bodenarten hängt von ihrer spezifischen Wärme und von ihrer Farbe ab. Je wasser

¹⁴⁾ Die Gräberfunde in Polargegenden weisen dies in manchen Fällen deutlich nach.

¹⁵⁾ Hiermit ist auch die oft Jahrtausende betragende Dauer der Erhaltung von ägyptischen und mittelafrikanischen Mumien zu erklären.

die Bodenart ist, desto mehr Wärmeeinheiten verbraucht sie zu ihrer Erwärmung; deshalb werden feuchte Bodenarten gleichzeitig kalte genannt. Je heller gefärbt eine Bodenart ist, desto größer ist ihre spezifische Wärme und desto mehr wird die Mumifizierung in ihrem Entstehen gehemmt; darum sind solche helle Bodenarten als schützende Hülle über der Zerfetzungszone als günstig zu bezeichnen. Dagegen eignen sich für die Zerfetzungszone selbst mehr die dunkel gefärbten Bodenarten, da sie oft in dieser Tiefe (besonders bei geringer Durchlässigkeit) ungenügende Bodenwärme länger zurückhalten und den Verlauf der Verwesung dadurch begünstigen.

Zuletzt ist auch die Wärmeabforption des Bodens von feiner mehr oder weniger geneigten Lage abhängig.

Die vielen Nachteile, die in den ersten Stufen des Zerfetzungs Vorganges entstehen können, sucht man oft durch Bepflanzung des Friedhofbodens zu neutralisieren. Die Vegetation der Begräbnisplätze hat gewiss ihre hygienische Bedeutung, da der Pflanzenwuchs erstens zur Verarbeitung der Leichenzerfetzungsprodukte viel beiträgt und zweitens als ein gewisser Entwässerungsfaktor für feuchte Bodenarten dienen kann.

Zu diesem Zwecke eignen sich besonders die wasserabsorptionsfähigen Erlen. Vom ersteren Standpunkte aus werden deswegen sonnige, den Pflanzenwuchs begünstigende Lage des Friedhofgeländes und in kälteren Gegenden Anpflanzungen bestimmter Baumarten, wie Eichen, Tannen, Pappeln und Akazien, empfohlen. Ihre Aufgabe besteht einerseits im Auffangen der Zerfetzungsprodukte, was durch die Wurzeln besorgt wird, welche daher besonders lang sein sollen, damit sie in die Zerfetzungszone tief eindringen; andererseits haben diese Baumarten die Verarbeitung der schädlichen Gase durch die Kronen in Sauerstoff und Ozon zu bewirken. Allerdings wären die Vorteile des Pflanzenwuchses tatsächlich sehr bedeutend, wenn die eben ausgesprochene Voraussetzung in allen Einzelheiten auch wirklich eintreffen würde. Indes wurde nachgewiesen, dass die Produkte der ersten Fäulnisstufe, wie Ammoniak, Schwefel- und Phosphorwasserstoffe, flüchtige Kadaveralkaloide u. a., für eine günstige Beschaffenheit der Wurzeln und den dadurch bedingten Pflanzenwuchs eher schädlich als zuträglich sind. Nur die oxydativen Zerfetzungsprodukte, vor allem in der letzteren Oxydationsstufe, wie z. B. Kohlenäure, salpeter- und phosphorsaure Salze, sind für die Pflanzenwelt von vorteilhafter Wirkung.

Dies sind aber auch gleichzeitig diejenigen Produkte, deren Entweichen in die Atmosphäre, wie Kohlenäure, oder Verbleiben im Erdboden, wie die Salze, keinen schädlichen Einfluss mehr auf die Gesundheit ausüben können. Somit ist der Dienst, welchen die Leichen der Vegetation durch die Sterilisierung des Erdbodens mit den salpeter- und phosphorsauren Salzen erweisen, viel größer als der Dienst, welchen der Pflanzenwuchs der durch die Leichen gefährdeten öffentlichen Gesundheit erweist. Infolge dieser Sterilisierung eignet sich das Friedhofgelände nach einigen Rotationen zu Agrikulturzwecken und Gartenanlagen sehr gut.

b) Bedingungen für den hygienischen Betrieb der Erdbestattung.

Bei den Erdbestattungen soll der Bedingung eines regelrechten Betriebes die gleiche Bedeutung beigemessen werden wie der eben besprochenen Bedingung, wonach vor der Benutzung eines Grundstückes zu Friedhofzwecken eine genaue Prüfung feiner geologischer Beschaffenheit stattzufinden hat. Der regelrechte Betrieb ist mit der richtig festgesetzten Zeit für die Wiederbenutzung des Erdgrabes, dem

35.
Pflanzenwuchs.

36.
Regelrechter
Betrieb.

fog. Begräbnisturnus, in erster Linie und mit der richtigen Behandlung des Begräbnisgeländes während seiner Belegung, d. h. mit der geordneten und richtigen Anlage und Benutzung der Gräber (siehe Näheres hierüber in Kap. 3, unter b, 1 u. 2) in zweiter Linie in Zusammenhang zu bringen.

37.
Begräbnis-
turnus.

In den verschiedenen Ländern beruht der festgesetzte Turnus meistens auf den praktischen Erfahrungen, die man in den Friedhöfen der Hauptstädte gemacht hat. Somit schwankt der Turnus, je nach den verschiedenen Verordnungen, zwischen 5 und 30 Jahren, wobei für die Kindergräber eine kürzere Frist festgesetzt ist. Es ist aber untunlich, die Wiederbenutzung des Erdgrabes einer allgemeinen städtischen Verordnung zu unterwerfen. Rein örtliche Verhältnisse und die genaue Untersuchung des Bodens können allein für diese Festsetzung maßgebend sein und die Gefahr, die bei einer unrichtigen Wiederbenutzung des Erdgrabes entstehen könnte, ablenken. Jedenfalls sollte man mit der endgültigen Festsetzung des Begräbnisturnus den Ablauf des ersten derselben abwarten.

Die Zerfetzung in den sandigen Bodenarten dauert nach vorgenommenen Untersuchungen im Kies- und Sandboden für Erwachsene 7, für Kinder 5 Jahre, nach deren Verlauf nur Knochen und etwas amorphe, humusreiche Substanzen als Ueberreste zu konstatieren sind. Im feinkörnigen Sand geschieht die Zerfetzung etwas langsamer. Lehmgehalt verlangsamte die Zerfetzung, und bei Lehm Boden mit nur geringem Sandgehalt ist der Turnus für Erwachsene auf 9 und für Kinder auf 5 Jahre festgesetzt worden. Diese Annahme könnte auch in analogen Fällen gemacht werden, vorausgesetzt, daß zeitweise Befeuchtung des Erdbodens stattfindet und daß die Grundwasserhältnisse günstig sind.

In feuchten Bodenarten geschieht die Zerfetzung allerdings viel langsamer. Am günstigsten sind in dieser Beziehung kalk- und eisenhaltige Bodenarten, bei denen die Zerfetzung die kürzeste Zeit in Anspruch nimmt. So z. B. genügt der 7jährige Turnus für Erwachsene und der 4jährige für Kinder in München, dank der günstigen Beschaffenheit des Bodens (Kalkgeröllboden), vollkommen.

Eine unrichtige Festsetzung des Begräbnisturnus kann die Ueberfättigung des Bodens und seine Absoptionsfähigkeit herbeiführen. Die Hauptfache hierbei ist, daß man sich bei der Festsetzung des Turnus gerade nur knapp mit der Frist begnügt, die der Leichnam zur Zerfetzung braucht. Mit dem Abschluß des Reduktionsvorganges aber ist die oxydative Verarbeitung der Fäulnisstoffe in unschädliche Produkte sehr oft noch nicht vollendet, und bei den leichten, porösen Bodenarten nimmt sie noch eine gewisse Zeit in Anspruch, besonders wenn schon einige Rotationen stattgefunden haben. Deshalb muß man sich bei der Bestimmung des Turnus nach der mechanischen und chemischen Wirkung des Erdbodens richten und den Gehalt an organischen Substanzen nach jeder Rotation genau prüfen.

Am wenigsten hat man diese Nachteile bei jenen Bodenarten zu befürchten, welche aus alkalischen Erden (Kalk, Magnesium u. f. w.) bestehen und Eisengehalt aufweisen. Je größer dieser Gehalt ist, desto größer wird auch die Resorptionsfähigkeit solcher Bodenarten, und desto schwerer unterliegen sie einer Ueberfättigung, können also jahrhundertlang ihrem Zweck entsprechen.

Im allgemeinen ist in Bezug auf den Turnus die Hygiene mit dem sozialökonomischen Standpunkte nicht in Einklang zu bringen. Vom hygienischen Standpunkte wäre es am rationellsten, um die Ueberfättigung des Bodens zu vermeiden, den Turnus so groß wie möglich zu halten; vom Standpunkte der Ethik aus wäre

dies gleichfalls zu befürworten. Vom wirtschaftlichen Standpunkte ist dies aber infolge der mit der Zeit immer größer werdenden Abmessungen der städtischen Friedhofanlagen unzulänglich.

Der Ueberfättigung des Bodens wird auch durch die reichliche Bemessung des Grabraumes vorgebeugt. Hierin liegt daher gleichfalls eine wichtige Bedingung für den hygienischen Betrieb eines Friedhofes.

Literatur

über »Friedhöfe im allgemeinen«.

- Travaux de Paris. Établissements de bienfaisance. Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 223.
- RÜPPELL. Ueber die Wahl der Begräbnisplätze. *Viert. f. gerichtl. u. öff. Medicin*, Bd. 8, S. 23.
- DALY, C. *Architecture funéraire. Spécimens de tombeaux, mausolées, chapelles funéraires, sarcophages, stèles, pierres tombales, croix etc., principalement dans les cimetières de Paris.* Paris 1873.
- Cemetery. Building news*, Bd. 25, S. 452.
- Les pompes funèbres de Paris. Établissement central de la rue d'Aubervilliers. Nouv. annales de la const.* 1875, S. 33.
- MARTIN-BARBET. *Des cimetières au point de vue de l'hygiène publique. Annales d'hygiène publique*, Bd. 43, S. 95.
- SCHAECK-JAQUET, C. *La sépulture particulièrement les cimetières et nécropoles.* Genf 1876.
- Rückfichten bei Anlage neuer Begräbnisplätze. *Deutsche Bauz.* 1876, S. 178.
- Der Einfluss der Friedhöfe auf ihre Umgebung. *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1880, S. 5.
- Concours de la société centrale d'architecture. Projet de Campo-Santo. L'émulation* 1880, Pl. 10-11, 12.
- LOSSIER, L. *Des conditions d'un bon cimetière. Revue d'hygiène* 1880, S. 446.
- Mortuaries for towns and villages. Builder*, Bd. 39, S. 367, 381.
- VALLIN, E. *La question des cimetières. Revue d'hygiène* 1881, S. 633.
- A campo santo for interment and cremation. Builder*, Bd. 41, S. 581.
- PETTENKOFER, V. u. V. ZIEMSEN'S Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankheiten. Theil II, Abth. 1, 1. Hälfte: Beerdigungswesen. Von F. Erismann. Leipzig 1882.
- KUBY. Die hygienischen Anforderungen an Anlage und Benutzung der Begräbnisplätze. *Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspflege* 1882, S. 462.
- Ueber die hygienischen Anforderungen an Anlage und Benutzung der Friedhöfe. *Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspflege* 1882, S. 11.
- GOSSE. *Du choix d'un terrain pour un cimetière. Revue d'hygiène* 1882, S. 790.
- Italienische Campofanto-Anlagen. *Deutsche Bauz.* 1883, S. 569, 593.
- Ein idealer Friedhof. *Centralbl. d. Bauverw.* 1883, S. 183.
- Ausstellung auf dem Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens in Berlin 1882/83. XI. Begräbnisplätze. *Centralbl. d. Bauverw.* 1883, S. 474.
- Die Friedhofsanlagen. HAARMANN'S *Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1883, S. 162, 171, 179, 188; 1884, S. 4, 11. *Projet de cimetière monumental. L'émulation* 1886, Pl. 32-35.
- BERTOGLIO, L. *Les cimetières au point de vue de l'hygiène et de l'administration.* Paris 1889.
- Begräbniswesen in Halle a. S.: STAUDE, HÜLLMANN & V. FRITSCH. Die Stadt Halle a. S. im Jahre 1891. *Festschrift für die Mitglieder und Theilnehmer der 64. Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte Halle 1891.* S. 191.
- Beurtheilung von Entwürfen zur Anlage oder Erweiterung von Begräbnisplätzen etc. *Deutsche Bauz.* 1892, S. 116.
- Bestattungsanlagen in Berlin: Berlin und seine Bauten. Berlin 1896. Bd. II, S. 207.
- WALDNER, H. A. *Moderne Friedhofkunst. Deutsche Bauhütte* 1903, S. 273, 282, 301.
- MAIER, H. & K. WÖHR. *Neue Formen der Friedhof-Architektur etc.* München 1903-04.
- PIETZNER, H. *Landchaftliche Friedhöfe.* Leipzig 1904.
- JURASS, P. *Friedhofs schmuck und Grabpflanzung. Mit einem Vorwort: Der Friedhof in heutiger Zeit etc.* Leipzig 1904.

- FAYANS, S. Die Entwicklung der modernen Friedhofsanlagen und der verschiedenen Bestattungsarten vom Standpunkte der Technik und Hygiene etc. Wien 1905.
 ZETSCHKE, C. Friedhofkunst. Architektonische Rundschau 1905, S. 9.
 Friedhöfe zu Mannheim: Mannheim und seine Bauten. Mannheim 1906. S. 401.

2. Kapitel.

Anordnung der Begräbnisplätze im allgemeinen.

a) Wahl des Geländes.

38.
Lage
und Wind-
richtung.

Nachdem die Zeit der sog. »Kirchhöfe« vorüber war, befasste man sich bei den neu entstandenen Friedhöfen und zuletzt Zentralfriedhöfen mit dem Problem ihrer Lage und kam zu dem Ergebnis, daß die freien und hochgelegenen Friedhofplätze den hygienischen Anforderungen am meisten entsprechen. Die freie, der Sonnenwirkung ausgesetzte Lage ermöglicht einen rascheren Wechsel der atmosphärischen Luft und bewirkt hierdurch den Zutritt größerer Mengen von frischer, oxydierender Luft in die Friedhofgräber.

Die Anlage von Friedhöfen auf Grundstücken, welche höher liegen als die nächsten bewohnten Ortschaften, bzw. deren höchstgelegene Wohnhäuser, bewirkt, daß die über dem Friedhofgelände sich bildende, oft mit gefährlichen Fäulnisgasen überfüllte Luftzone höher zu liegen kommt als die unmittelbar über der bewohnten Orttschaft liegende Luftschicht. Die erstere könnte daher mit letzterer nur bei starkem, in der Richtung nach der Stadt zu wehendem Winde vermengt werden.

Von diesem Standpunkte aus spielt auch die Windrichtung eine überaus wichtige Rolle, und doch wird sie selbst bei den neuzeitlichen Friedhofentwürfen zu wenig berücksichtigt, und es wird die Anforderung, daß der Friedhof eine der herrschenden Windrichtung unbedingt entgegengesetzte Lage erhalten solle, oft vernachlässigt.

Im allgemeinen ist, unter der Voraussetzung, daß dieser Grundsatz befolgt wird, eine dem Winde stark ausgesetzte Lage des Friedhofgrundstückes als äußerst wünschenswert zu bezeichnen, da der Wind infolge seiner reinigenden Kraft in Bezug auf die Friedhofluft als natürliches Lüftungsmittel bezeichnet werden kann.

Man sucht die Nachteile einer zu niedrigen Lage des Friedhofgeländes und einer ungünstigen Windrichtung, insbesondere die dadurch entstehende Möglichkeit einer Verpestung der nächsten bewohnten Ortschaften, durch Baumanlagen zu verhindern. Zu gleichem Zwecke werden die Friedhöfe oft mit hohen Einfriedigungsmauern umgeben, die jedoch diese Aufgabe nicht zu erfüllen vermögen, da die Kolumbarienarkaden, denen die schädlichsten Ausdünstungen entströmen, oft bis 6 m Höhe erhalten. Deshalb muß der Höhenlage des Friedhofgrundstückes eine große Bedeutung beigemessen und besonders hügeliges Gelände empfohlen werden. Vermieden dagegen sollen Plätze an steilen Abhängen werden, da sie im Falle starker meteorischer Niederschläge der Ueberschwemmungsgefahr ausgesetzt sind.

39.
Grundwasser-
strömung.

Eine ebenso wichtige, wenn nicht noch wichtigere Rolle als die Windrichtung spielt bei der Wahl des Grundstückes die Richtung des Grundwasserstromes. Diese muß ebenso wie die Windrichtung von der Stadt abgewendet sein, da sonst die pathogenen Bakterien des Friedhofbodens, die mit dem Grundwasserstrom mitgerissen werden können, in das Grundwasser, also auch in das Brunnenwasser der Stadt gelangen und zu Epidemien Anlaß geben können.