

des Generalplanes verbundenen Nachtheile gegen diejenigen abgewogen werden müssen, welche durch diese neue Anordnung vermieden werden sollen. In den meisten Fällen sind die letzteren jedoch von solcher Art, daß sie eine Gefährdung der Sicherheit zum Gegenstande haben, und dann sind sie freilich von großem Gewichte. Zwar giebt es, wie im folgenden Abschnitt, die Ausführung betreffend, gezeigt werden wird, selbst unter den schwierigsten Verhältnissen, wenn diese nur gehörig und zeitig erkannt worden sind, Mittel zur Erlangung einer genügenden Sicherheit; die Anwendung derselben erfordert aber gewöhnlich einen sehr erheblichen Zeit- und Kostenaufwand.

Weniger dringend stellt sich die Nothwendigkeit einer Vergleichung dar, wenn das Motiv derselben nicht sowohl in der Unsicherheit der Lage des Werkes, als in dem Umstande zu suchen ist, daß dasselbe aus einem nur ungünstigen, vielleicht zweifelhaften, auf ein vollkommen sicheres und sonst geeignetes Terrain verlegt werden kann. In Fällen dieser Art gelingt es häufig, durch geringe Modifikationen in den Anforderungen, ohne Gefährdung des Zweckes wesentliche Verbesserungen in dem Plan anzubringen. Diejenigen Terrainbildungen, welche bei Feststellung der Lage solcher Werke möglichst zu umgehen sind, lassen sich unter folgende Rubriken bringen:

1. Sümpfe und Moore, Torf und Tribsand.
2. Stark abfallende Berglehnen mit vielen Wasserabsonderungen.
3. Einsattlungen in den Wasserscheiden und Mulden an den Gehängen.
4. Anschnitte von schräg abfallenden Thon- und Sandschichten, welche Wasser abführen.
5. Steinabhänge, auf welchen die Anlage theils im Einschnitt, theils im Auftrage liegen würde. Auch wirthschaftliche Rücksichten können in Folge der Bodenuntersuchungen Veranlassung zur Verlegung geben, z. B. Ueberschuß an Abtragsboden oder ungeeignete Qualität desselben zur Bildung der Dämme. In solchen Fällen ist es aber nicht schwer die Verhältnisse zu vergleichen und mit ziemlicher Sicherheit festzustellen, ob die Ersparungen bei entsprechender Verlegung einer Richtung die Nachtheile durch die verminderte Vollkommenheit der Anlage in solchem Mafse überwiegen, daß sie für das Unternehmen in seiner Gesammtheit als ein dauernder Gewinn betrachtet werden können.

## 9. Aenderung der Höhenlagen, der Auf- und Abträge.

Es sind vorstehend die Bedingungen besprochen worden, unter welchen die Verlegung, in Bezug auf den Zweck der Anlage, günstigsten Richtung, aus Gründen der Nothwendigkeit oder überwiegender ökonomischer Nützlichkeit gerechtfertigt werden kann; es ist aber auch darauf hingewiesen, daß unter Umständen bleibende Nachtheile dadurch herbeigeführt werden können, welche nöthigen, davon Abstand zu nehmen, selbst wenn es mit bedeutenden Opfern verbunden sein möchte.

In Fällen der letztgedachten Art giebt es noch ein Mittel, die Gefahr oder die zur Abwendung derselben erforderlichen Kosten zu vermindern, und zwar durch Abänderungen in den ursprünglich projektirten Planumshöhen der Auf- und Abträge.

Zunächst hängt es allerdings von dem besonderen Zwecke der Anlage ab, ob eine Aenderung in der Höhenlage überhaupt zulässig ist, ob nicht die dadurch an einem Punkte beseitigten Schwierigkeiten nur nach einem andern hin verlegt werden und ob endlich die Wirksamkeit der Anlage nicht an einzelnen Stellen dadurch beschränkt wird. Es darf daher bei Aenderungen dieser Art das Gesamt-

projekt nicht aus dem Auge gelassen werden, und dies um so weniger, als ein vereinzelter Eingriff in die Anordnung der Höhenlage an einer Stelle seinen Einfluss weit über dieselbe hinaus erstrecken und leicht eine Veränderung sämtlicher Höhenverhältnisse der Anlage nach sich ziehen kann. Mit allen zu Gebote stehenden Hilfsmitteln muß aber darauf hingewirkt werden, nicht durch Beseitigung vereinzelter Schwierigkeiten den allgemeinen Zweck zu gefährden oder herabzustimmen.

Gewöhnlich äußert sich das Bedürfnis einer Aenderung der Höhenlage aus Sicherheitsrücksichten, welche eine Verminderung der Einschnittstiefen oder der Auftragshöhen fordern oder wünschenswerth machen. Je tiefer die Einschnitte in abhängenden Bodenlagen ausgeführt werden, desto mehr wird das vorhandene Gleichgewicht gestört, wasserführende Flächen werden bloßgelegt und damit Abrutschungen des darüber liegenden Bodens befördert. Aus den bei den Bodenuntersuchungen gefundenen unhaltbaren Bodenschichten, Rutschflächen und Quellenlagern läßt sich beurtheilen, bis zu welcher Tiefe mit einem Einschnitte gegangen werden kann, um außer dem Einflusse dieser Verhältnisse zu bleiben. Es wird dann Gegenstand der Erwägung, ob unter Berücksichtigung des Zweckes der Anlage und der allgemeinen Höhenverhältnisse diese Tiefe als ausreichend zu erachten ist. Bei Anlagen, welche keine plötzlichen Uebergänge ihrer Planumshöhe zulassen, wie bei Deich-, Kanal- und in gewissen Grenzen auch Eisenbahnanlagen, wird eine für nöthig erachtete Verminderung der Einschnittstiefe immer eine Erhöhung der zunächst liegenden Aufträge zur Folge haben, und es muß daher gleichzeitig geprüft werden, welchen Einfluss dieser Umstand auf die Anlage im Ganzen und auf die Massendispositionen insbesondere ausüben wird.

Im Allgemeinen darf angenommen werden, daß es zur Bildung eines Planums, insbesondere bei Wegeanlagen, vortheilhafter ist, dasselbe durch Auf- als durch Abträge darzustellen, und letztere nur da anzuordnen, wo einzelne scharf auftretende Höhen, welche nicht umgangen werden können, sich über das Niveau des umgebenden Terrains erheben. Die Vortheile, welche in dieser Beziehung Aufträge gegen Abträge bieten, sind in ökonomischer Beziehung, daß bei gleichen Planumbreiten weniger Bodenmasse zu verarbeiten ist, indem bei letzteren immer noch die Breite der beiden Entwässerungsgräben in der vollen Tiefe der Einschnitte mit weggenommen werden muß. Hinsichtlich der Erhaltung spricht aber die ungleich einfachere und vortheilhaftere Entwässerung der benachbarten Ländereien für die Aufträge, welche auch in Bezug auf die Benutzung des Planums den Vorzug haben, weit weniger den Schneeverwehungen und den Hebungen beim Froste ausgesetzt zu sein als die Einschnitte.

Wenn es daher nur als vortheilhaft erkannt werden muß, principaliter die Dämme den Einschnitten vorzuziehen, so stellen sich doch diesem System gewisse Grenzen entgegen, welche ohne Gefährdung nicht überschritten werden dürfen.

Vor Allem muß der Grundsatz fest im Auge behalten werden, daß, um sichere und haltbare Aufschüttungen zu bilden, nur gutes oder mit gutem reichlich gemengtes Schüttmaterial dazu verwendet werden darf, und dasselbe um so besser sein muß, je höher die Aufträge werden sollen. Es wird daher zunächst wieder von den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen abhängen, ob Schüttungsmaterial von genügender Beschaffenheit und Masse in angemessenen Entfernungen von den Verwendungspunkten vorhanden ist.

Der zweite zu berücksichtigende Grundsatz ist der, daß dem durch Anschüttung zu belastenden natürlichen Boden Widerstandsfähigkeit genug beiwohnt, um dieselbe sicher tragen zu können. Am bedenklichsten wird die Zunahme der Auf-

tragshöhen auf stark geneigten Thalabhängen und Berglehnen, besonders wenn dieselben mit einer Lage kompressiblen oder unter starkem Druck ausweichenden Bodens bedeckt sind, wie es nur zu häufig der Fall ist. Da bei der Vermehrung der Belastung eines so gestalteten Bodens die auf Abgleitung wirkende Kraft in einem verstärkteren Verhältnisse wächst als die der Bewegung widerstrebende Reibung, so vermehrt sich auch mit dem Gewicht der Schüttung die Gefahr der Abgleitung. Es wird daher auch hier die Beschaffenheit des zu schüttenden Bodens die Grenze bestimmen, bis zu welcher Höhe der Auftrag mit Sicherheit angelegt werden kann.

Im folgenden Abschnitte, die Ausführung betreffend, wird dieser Gegenstand wieder aufgenommen und dabei das Verfahren näher erörtert werden, welches einzuhalten ist, um unter solchen Umständen die nöthige Standfähigkeit zu sichern und die Mittel dem Zwecke anzupassen.

### 10. Profile und Böschungen.

Bei Feststellung der Specialprojekte für Erdarbeiten, auf welche die Veranschlagung und die Ausführung sich gründen sollen, sind es besonders die Profile der Auf- und der Abträge, durch welche die Form der Anlage und die Masse der Arbeit bedingt wird. Dabei kommen das eigentliche Planum und die Böschungen in Betracht.

Ersteres ist wesentlich von dem Zwecke der Anlage abhängig, und da derselbe hier nicht in Betracht gezogen werden kann, so werden die dasselbe bestimmenden Massen und etwaigen Neigungen als gegeben vorausgesetzt, und das Planum tritt nur sofern in den Kreis dieser Erörterungen, als es sich um die Darstellung und Erhaltung desselben handelt. Dagegen leiten sich die anzuwendenden Böschungsneigungen, sofern es sich nur um ihre Standfähigkeit und Erhaltung gegen Witterungseinflüsse handelt, lediglich aus der Beschaffenheit des Bodens und seiner Lagerungsverhältnisse ab. Für jede Bodenart in ihrem normalen Zustande giebt es eine gewisse Neigung, den sogenannten Ruhewinkel, nach welcher sich die Böschungen derselben im natürlichen Wege von selbst gestalten und welche die Grenzen des Gleichgewichts der Elemente unter sich bezeichnet. Dieser Winkel ist aber, sobald die normalen Verhältnisse des Bodens sich ändern, selbst bei gleichem Material nicht immer derselbe und gewöhnlich ein anderer bei den Einschnitten als bei den Aufträgen, in trockenem oder in feuchtem Zustande.

Je größer die Kohäsion der Masse in ihrer natürlichen Lagerung ist, desto steiler ist der Ruhewinkel bei den Einschnittswänden, wogegen die Größe, Form und Festkantigkeit der gelöseten Materialtheile den Ruhewinkel der Anschüttung bedingt. Derselbe ist steiler bei trockenem als bei nassem Material und ändert sich bei einzelnen Bodenarten durch die bloße Einwirkung der Luft und Sonne, wie es bei fast allen Mergeln und denjenigen Bodenarten der Fall ist, welche leicht in Degeneration übergehen, d. h. ihr Dichtigkeitsverhältniß mit der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgrade wechseln.

Man findet den Ruhewinkel des Materials für die Einschnitte, wenn dasselbe, soweit es thunlich ist, senkrecht abgestochen und den Einwirkungen der wechselnden Witterung preisgegeben wird, für die Aufträge durch Anschüttung gelöseten Materials, wobei die sich ohne weiteres Zuthun gestaltende Böschung denselben angiebt. Da sich der Ruhewinkel, wie schon erwähnt, nur auf den Zustand des Gleichgewichts bezieht und daher schon eine geringere äußere Einwirkung ausreichen würde, dasselbe zu stören und die Bewegung hervorzubringen, so muß der