

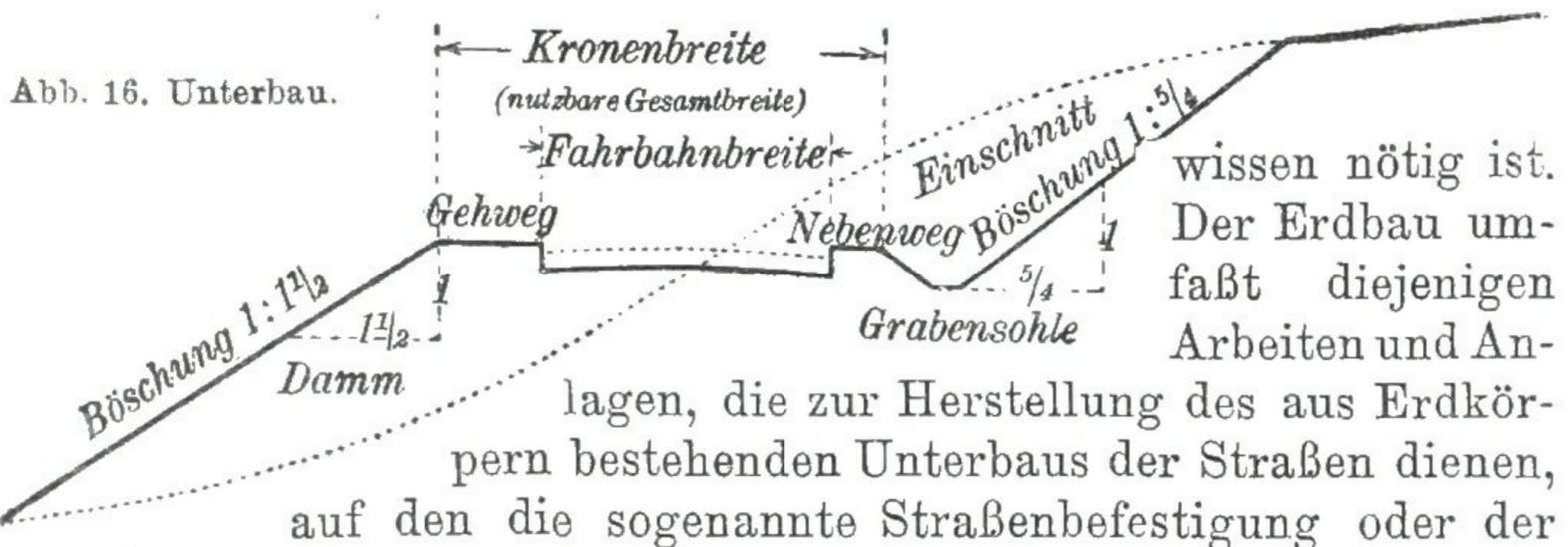
um eine steigende Strecke folgt (Abb. 15). Verlorene Steigungen sind zwar, wie wir in Abschnitt IX sehen werden, nicht immer zu umgehen, sollten aber nach Möglichkeit vermieden werden, weil sie eine nutzlose Arbeitsleistung erfordern.

Einige weitere Gesichtspunkte sind in Abschnitt IX aufgeführt.

VI. Unterbau.

A. Erdbau.

Der Erdbau bildet ein Gebiet für sich, dem nicht nur für den Straßenbau, sondern auch für andere Zweige des Bauingenieurwesens, insbesondere den Eisenbahnbau, grundlegende Bedeutung zukommt. Es ist ihm deshalb ein besonderer Leitfaden dieser Sammlung gewidmet. Hier gedenken wir ihn nur von unserem besonderen Standpunkt aus einer kurzen Betrachtung zu unterziehen, indem wir unter Beleuchtung der Eigenart, die er im Straßenbau annimmt, das hervorheben, was zur Aufstellung eines Straßenentwurfs zu



wissen nötig ist. Der Erdbau umfaßt diejenigen Arbeiten und An-

lagen, die zur Herstellung des aus Erdkörpern bestehenden Unterbaus der Straßen dienen, auf den die sogenannte Straßenbefestigung oder der

Oberbau aufgelegt wird. In ebenen Gegenden wird die Herstellung des Unterbaus sich auf geringe Ebnungsarbeiten und den Aushub von Gräben beschränken können. Dagegen ist man im Hügelland und Gebirge häufig zur Herstellung tiefer *Einschnitte* (*Abträge*) und hoher *Dämme* (*Auffüllungen*, *Aufträge*) genötigt, wenn schon diese Anlagen bei den Straßen, die dem Gelände innig angeschmiegt werden können, in der Regel noch um ein gutes Stück hinter diejenigen der Eisenbahnen zurückbleiben. In Abb. 16 ist ein halb im Einschnitt, halb in der Auffüllung gelegener Straßenquerschnitt mit den gebräuchlichen Bezeichnungen seiner Einzelteile dargestellt.

Für die Bestimmung der *Form der Erdkörper* ist die Wahl einer angemessenen *Neigung der Böschungen*, die man zur Niedrighaltung der Erdarbeiten und Kosten so steil als möglich anzulegen bestrebt ist, das wichtigste und bei den Einschnitten von der gleichen Bedeutung wie bei den Dämmen. Man setzt die Neigungsverhältnisse der Böschungen gewöhnlich in der Weise fest, daß man die Höhe h als Einheit nimmt und sie zu der Länge l in Beziehung setzt, also die Neigung durch $h:l$ ausdrückt. Allgemein werden ganz be-

stimmte Zahlenwerte verwendet, und zwar im Straßenbau, wo etwas steilere Böschungen als zulässig gelten wie beim Eisenbahnbau, im allgemeinen Werte von 1:1 bis 1:2, ausnahmsweise bei wenig bindenden oder nicht widerstandsfähigen Bodenarten bis 1:4. Außerdem gestattet der gewachsene Boden in den Einschnitten steilere Böschungen als der aufgelockerte der Dämme. Straßeneinschnitte können in felsigem Untergrund je nach seiner Standfähigkeit senkrecht oder nahezu senkrecht gehalten werden. Eine steile Anlage von Felsböschungen ist selbst dann noch angängig, wenn mit einer gewissen Verwitterung und Abbröckelung der Felsen im Laufe der Zeit zu rechnen ist. Nur muß dann von Anfang an zum Schutz des Straßenverkehrs eine genügend breite Berme (etwa 1 m) am Fuß der Felswand angelegt werden. Im mergeligen Boden erhalten die *Einschnittsböschungen* Neigungen von 1:1 oder 1:5/4; in Ton, Lehm, Kies oder Sand je nach der Standfestigkeit solche von 1:5/4 bis 1:1 1/2; bei starkem Wasserandrang und Neigung zum Rutschen 1:2 und flachere. Den *Dammböschungen* sollten, soweit nicht ausnahmsweise regelrechte Steinsätze angelegt werden, steilere Neigungen als 1:1 1/2 im allgemeinen nicht gegeben werden. Bei schlechterem Boden und am Fuß von Dämmen mit mehr als 10 m Höhe empfehlen sich Neigungen von 1:2, bei Rutschgefahr unter Umständen noch flachere.

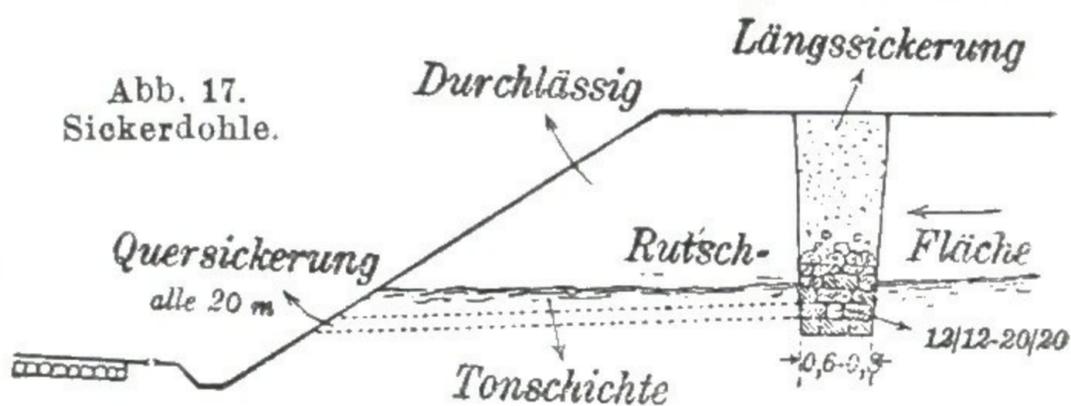
Obschon man, wie in Abschnitt IX ausgeführt werden wird, Geländestellen, die Neigung zu *Rutschungen* zeigen, bei der Anlage der Straßen zu umgehen sucht, so ist dies doch vielfach nicht durchführbar, weil diese Rutschneigung meist bestimmten geologischen Schichten eigen ist, die sich häufig auf große Flächen ausdehnen und in einer gewissen Höhenlage in der betreffenden Gegend überall angetroffen werden. Muß man in einem solchen Gelände bauen, so hat man, soweit dies möglich und wirtschaftlich zu rechtfertigen ist, bei der Anlage der Straßen von Anfang an auf geeignete *Sicherheitsmaßnahmen*, namentlich auf Anlage genügend flacher Böschungen und von Sickerungen, Bedacht zu nehmen. Da es jedoch in den meisten Fällen unmöglich ist, genau vorauszusehen, ob und wo eine Rutschung eintreten wird, so bleibt es die Hauptsache, eine solche Straße sowohl während ihres Baues als auch noch lange Zeit nachher in Hinsicht auf Rutschungen, die zum Glück nur selten ohne Vorzeichen einen sehr großen Umfang annehmen, einer fortlaufenden scharfen Beobachtung zu unterziehen, um rechtzeitig die erforderlichen Gegenmaßnahmen einleiten zu können. In Einschnitten wird es sich bei solchen Maßnahmen zumeist darum handeln, Erdmassen, welche auf wasserführenden Schichten lagern, namentlich auf Ton-schichten, die in feuchtem Zustand sehr glatt sind, dadurch am Abrutschen zu verhindern, daß die wasserführende Schicht durch Ableitung des Wassers mittels *Sickerdohlen* (Sickerröhren, Drainröhren)

trockengelegt wird. Zu vgl. Abb. 17. Hat die Rutschung dagegen in dem ungenügenden Zusammenhang des Bodens ihre Ursache, so muß zur Abflachung der Böschungen und zur Anlage von Bermen geschritten werden. Bei der Anschüttung von Dämmen bereitet *mooriger Untergrund*, auf den aufgefüllt werden muß, erhebliche Schwierigkeiten, da er unter der Last der Auffüllung seitlich ausweicht, so daß der Damm einsinkt. Mißlich ist noch besonders, daß die *Moore* häufig eine solche Ausdehnung und Tiefe besitzen, daß

weder eine Umgehung noch eine gründliche Entwässerung noch ein Aushub bis auf festen Untergrund möglich ist. In derartigen Fällen bleibt nichts anderes übrig, als entweder zur Verhinderung des Aufquellens des Moorbodens zu beiden Seiten der Straße noch breite Bermen anzuschütten oder mit der Anschüttung auf das Moor einfach so lange fortzufahren, bis das Ausweichen des Moorbodens und das Einsinken der Auffüllung von selbst zum Stillstand kommt. Mit nachträglichen Setzungen ist bei moorigem Untergrund in den meisten Fällen noch auf lange Zeit zu rechnen. In nassen Einschnitten kann es sich empfehlen, zur Trockenhaltung des Steinkörpers der Fahrbahn Quersickerungen (Steinpackungen) in angemessenen Abständen quer zur Straßenrichtung in den Untergrund einzubauen und in die genügend tief anzulegenden Straßengräben zu entwässern.

Aber nicht nur in rein technischer Hinsicht ist die Beschaffenheit des Untergrunds für die Anlage einer Straße von Belang, sie hat auch einen großen Einfluß auf die Kosten des Straßenbaus, weil die Gewinnung des Bodens naturgemäß mit zunehmender Härte immer teurer wird. Mag man deshalb selbst auf Grund von geologischen Karten und Gutachten noch so bestimmte Anschauungen von der Beschaffenheit des Untergrunds einer Straßenlinie sich verschafft haben, so wird es trotzdem immer das beste sein, vor der endgültigen Feststellung des Straßenentwurfs sich auch noch durch *Probegruben* oder an steilen Hängen durch *Probeschlitz*e in angemessenen Abständen einen unmittelbaren Einblick in den Untergrund zu verschaffen und einen solchen auch dem Unternehmer des Straßenbaus vor Vergebung der Bauarbeiten zu ermöglichen. Es ist dies das einzige zuverlässige Mittel, um sich gegen Überraschungen und Überschreitungen des Kostenvoranschlags mit ihren unangenehmen Folgen zu sichern.

Was die *Ausführung der Erdarbeiten* anlangt, so wird man auch bei Straßenbauten, soweit sie nicht von ganz geringem Umfang sind,



von der Verwendung einer *Rollbahnanlage* zur Beförderung der Erde vorteilhaften Gebrauch machen können, wenn schon an Stelle des im Eisenbahnbau gebräuchlichen Maschinenbetriebs in den meisten Fällen der Betrieb mit Zugtieren oder selbst durch Menschenkraft genügen wird, zumal da im Straßenbau die Massen gewöhnlich nur auf kurze Entfernungen und bergab zu befördern sind. Zur Verwendung von *Erdbaggern* werden Straßenbauten selten ausgedehnt genug sein. Handarbeit kommt deshalb in der Regel billiger zu stehen. Die *Vorbereitungsarbeiten* werden sich, soweit nicht etwa unter Dämmen in feuchtem Untergrund vor Beginn der Aufschüttung Sicherungen anzulegen sind, auf Rodung und Abhub des zur späteren Andeckung der Böschungen zu verwendenden Mutterbodens (Humus) beschränken können und an steilen Hängen unter Dämmen auch auf eine Aufrauhung des Bodens, etwa durch Anlage von Rillen, zu erstrecken haben. Die *Auflockerung*, welche die aus den Einschnitten gewonnenen Massen nach ihrer Ablagerung in den Dämmen dauernd beibehalten und die im Mittel (bei Lehmboden) etwa 3% beträgt, steht bei den geringen Erdmassen der Straßenbauten außer Verhältnis zu der Genauigkeit der Geländeaufnahmen und der Erdmassenberechnung. Sie kann deshalb bei der Aufstellung des Straßenentwurfs meist außer Betracht bleiben. Der *Schutz der Böschungen* erfolgt in der im Erdbau allgemein üblichen Weise, nämlich in der Regel durch Aufbringen und Ansäen des zunächst abgehobenen und seitlich gelagerten Mutterbodens mit Gras- und Kleemischungen, was in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle völlig genügt. Ausnahmsweise und meist nur an bestimmten Stellen muß zur Befestigung durch Rasen, Pflaster, Steinpackungen usw. geschritten werden.

B. Kunstbauten.

Noch mehr als beim Erdbau muß bei den Kunstbauten, namentlich den Brücken, auf die einschlägigen Sonderwerke verwiesen werden. Hier können nur einige Anforderungen von besonderer Bedeutung hervorgehoben werden. Bezüglich der eigentlichen *Straßenbrücken* mag zunächst auf die Vorzüge hingewiesen sein, welche ihre Ausführung in Stein, Stampfbeton und Eisenbeton vor der reinen Eisenbauweise wenigstens für kleinere Brücken und in solchen Gegenden voraus hat, wo die erforderlichen Steine zu Mauerwerk und Beton unschwer zu beschaffen sind. Diese Vorzüge bestehen vor allem darin, daß derartige Bauwerke so gut wie keine Unterhaltung erfordern, was besonders unter einfachen ländlichen Verhältnissen von großem Wert ist. Es liegt dann auch die bei Eisenbrücken vorhandene Rostgefahr, namentlich an gewissen schwer zugänglichen Teilen der Fahrbahntafel (Belegeisen), nicht vor. Die Kosten der Unterhaltung des eigentlichen Bauwerks sind bei solchen massiven Bauten demnach verschwindend. Dazu kommt noch, daß ausnahmsweises

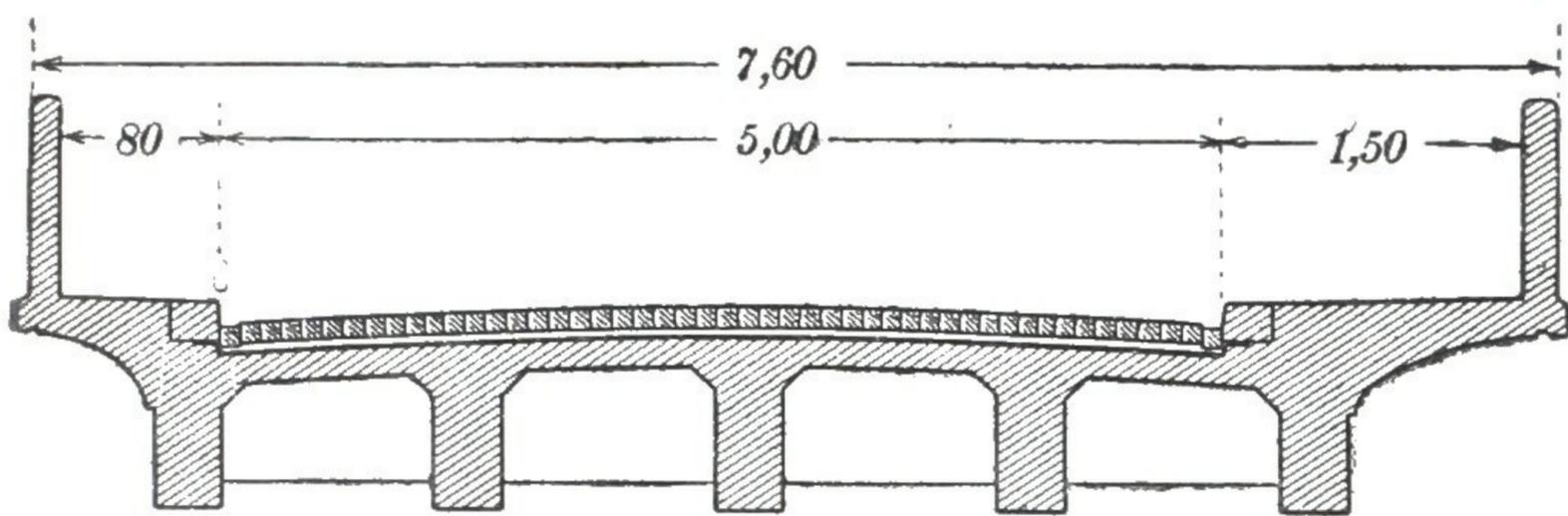


Abb. 18. Straßenbrücke.

Befahren der Brücken mit schweren Lasten (Dampfkesseln usw.), welche die der statischen Berechnung zugrunde gelegten Belastungen überschreiten, bei dem großen Eigengewicht der massiven Brücken meist unbedenklicher ist als bei Eisenbrücken. Vom Standpunkt der Sicherheit und Bequemlichkeit des Straßenverkehrs aus ist es namentlich bei lebhaftem Kraftwagenverkehr rätlich, die *nutzbare Breite der Brücken* nicht zu sehr einzuschränken. Neben einer genügend breiten Fahrbahn sind zu ihren beiden Seiten erhöhte Nebenwege zum Schutz der Brüstungen oder Geländer nicht minder notwendig, als für die Sicherheit des Fußgängerverkehrs, in dessen Interesse mindestens einer dieser Nebenwege als bequemer Gehweg ausgestaltet werden sollte. In Berücksichtigung dieser Erwägungen wird man bei mittlerem Verkehr immerhin auf eine Gesamtbreite zwischen den Brüstungen von 8—9 m kommen. (Zu vgl. Abb. 18.)

Für *Dohlen* (Rohrdurchlässe) und Plattendurchlässe haben sich Zementröhren von guter Beschaffenheit und Eisenbetonplatten sehr bewährt. Beide Bauweisen zeichnen sich bei richtiger Ausführung durch große Dauerhaftigkeit aus. Die erstere hat daneben noch den Vorzug einer raschen und bequemen Ausführung. Außerdem werden gewölbte Durchlässe verwendet. Für die Abmessungen aller dieser kleinen Bauwerke ist zunächst der zu erwartende *Wasserabfluß* maßgebend. Da aber bei kleiner Lichtweite die Gefahr einer Verstopfung durch angeschwemmte Gegenstände, wie Holz, Heu, Geschiebe usw. vorliegt, auch die Reinigung leicht möglich sein muß, so wird man vielfach reichlichere Abmessungen, als für den Wasserablauf allein erforderlich wären, und tunlichst starke Gefälle wählen, deren Größe von der Geländeneigung abhängt. Die hierdurch entstehenden Mehrkosten fallen den Gesamtkosten eines Straßenbaus gegenüber meist kaum ins Gewicht. In zahlreichen Fällen werden derartige Bauwerke keine ständig fließenden Gewässer, sondern nur das Tagwasser eines sonst trocken liegenden Gebiets abzuführen haben. Bei der Feststellung der Durchflußweite der Dohlen und Durchlässe, die bekanntlich vorwiegend von der abzuführenden Wassermenge und dem Gefäll abhängt, ist man vielfach auf

Einschätzung der größten sekundlichen *Wasserabflußmenge*, bezogen auf die Flächeneinheit, etwa in cbm auf 1 qkm, angewiesen. Für die bei diesem untergeordneten Bauwesen in Betracht kommenden kleinen *Einzugsgebiete* kann man bei normalen Versickerungsverhältnissen etwa die folgenden Werte annehmen:

	bis zu 1 qkm Fläche		von 1 bis 10 qkm Fläche
im Flachland	0,5 cbm/Sek.		0,5—0,3 cbm/Sek.
„ Hügelland	5—3 „ „		3 —1,5 „ „
„ Gebirge	7—5 „ „		5 —3 „ „

Eingehende Angaben hierüber wie auch über die Art der Berechnung enthalten die Werke über Hydraulik, auf die hier verwiesen werden muß. Nur das sei noch hervorgehoben, daß es sich

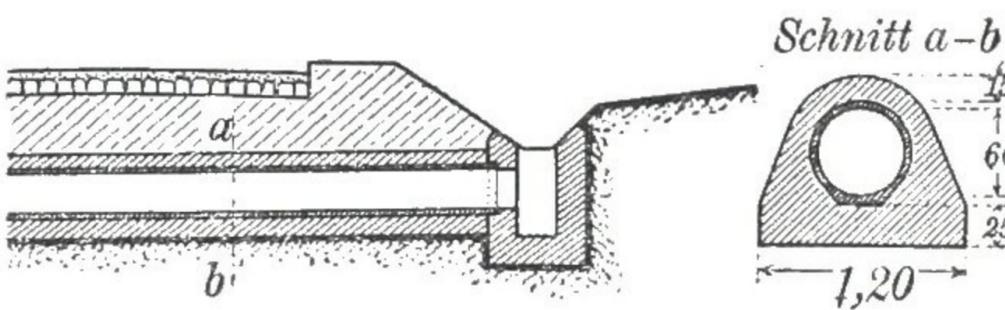


Abb. 19. Röhrendoble mit Einfallschacht.

empfehl, die Profile bloß etwa bis zur Hälfte oder zu zwei Dritteln vollfließend anzunehmen.

In Abb. 19 ist eine *Zementröhrendohle* mit

Betonummantelung und Einfallschacht dargestellt, wie sie mit verschiedenen Lichtweiten im Straßenbau sehr viel Verwendung finden.

Die ab und zu notwendig werdenden *Mauern* zerfallen bekanntlich in *Stützmauern*, die angefüllten Boden (Dämme) zu halten haben, in *Futtermauern*, die vor gewachsenem Boden, also in Einschnitten, stehen und in *Verkleidungsmauern*, die lediglich den Zweck haben, eine an sich standfähige felsige Wand vor Verwitterung zu schützen. Die letzteren können deshalb stets schwach gehalten werden. Stütz- und Futtermauern dienen zur Verkürzung oder Vermeidung von Böschungen und sind namentlich da am Platz, wo es gilt, an sehr teurem Grunderwerb zu sparen, wertvolle Gebäude zu schonen oder wo ein anderer Verkehrsweg, etwa eine Eisenbahn, in wesentlich verschiedener Höhenlage hart neben der Straße verläuft. Manchmal werden Mauern auch entlang von Flüssen und Bächen notwendig. Sie sind demnach zwar in gewissen Fällen nicht zu umgehen, sollen und können aber im Straßenbau wegen ihrer sehr hohen Kosten nach Möglichkeit vermieden werden. Ihre Anwendung kann im allgemeinen erst dann als gerechtfertigt gelten, wenn Vergleichsberechnungen ergeben haben, daß ihre Ausführung tatsächlich billiger zu stehen kommt als die Anlage von Böschungen mit dem etwa notwendigen Schutz durch Steinpflaster. Die Berechnung von Stütz- und Futtermauern ist Sache der Baustatik. Von Ausnahmefällen abgesehen werden im Straßenbau nur verhältnismäßig niedere Mauern erforderlich, für deren Abmessungen etwa die folgenden erfahrungsmäßigen Regeln gewisse Anhaltspunkte bieten: Ist *b* die mittlere Mauerdicke und *h* die Mauerhöhe,

so ist für *Stützmauern* gewöhnlicher Ausführung und bei nicht zu nasser Hinterfüllung $b \cong \frac{1}{3} h$, für Mauern von besonders sorgfältiger Herstellungsweise mit wagrecht gelagerter trockener Hinterfüllung kann b auf etwa $\frac{2}{7} h$ ermäßigt werden, während b bei tonigem und lehmigem Auffüllmaterial, das zu Rutschungen neigt, auf $\frac{3}{7} h$ zu erhöhen ist. Für Futtermauern ohne Erdüberhöhung kann als mittlere Mauerdicke angenommen werden $b = 0,29 \text{ m} + 0,17 h$. Im allgemeinen

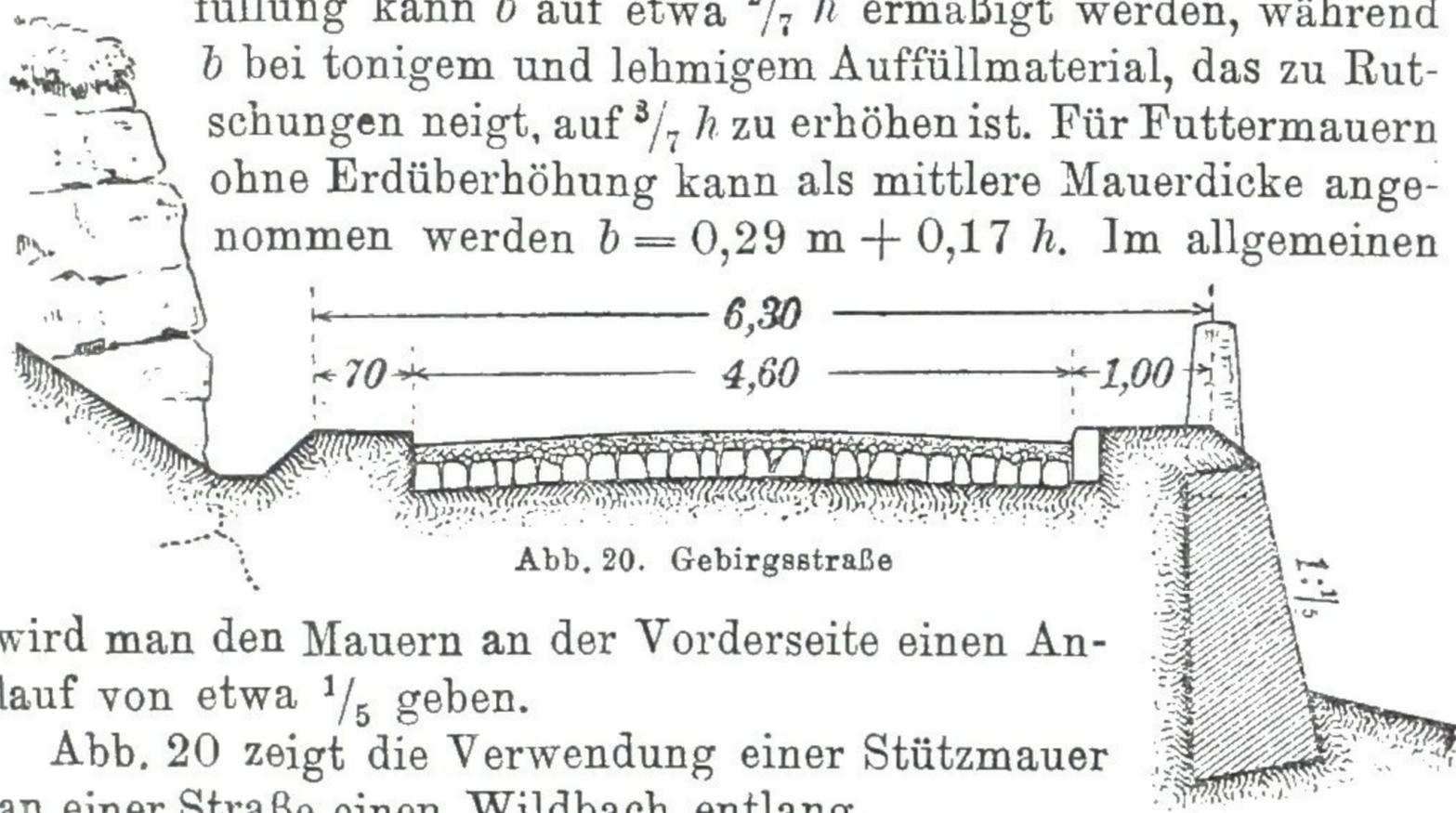


Abb. 20. Gebirgsstraße

wird man den Mauern an der Vorderseite einen Anlauf von etwa $\frac{1}{5}$ geben.

Abb. 20 zeigt die Verwendung einer Stützmauer an einer Straße einen Wildbach entlang.

VII. Oberbau (Befestigung).

A. Allgemeine Gesichtspunkte.

Wie die Fahrbahn der Straße ihr weitaus wichtigster Bestandteil ist, so bildet auch die Frage ihrer Befestigung den Hauptgegenstand des vorliegenden Abschnitts, hinter dem die Behandlung der Fuß-, Reit- und Radfahrwege erheblich zurücktritt. Die nachfolgenden allgemeinen Erörterungen im besonderen beziehen sich nur auf die Befestigung der Fahrbahnen.

Bloße *Erdstraßen*, die lediglich aus einer geebneten Erdbahn mit oder ohne Seitengräben ohne besondere Befestigung ihrer Oberfläche bestehen, bilden eine ganz unzulängliche Einrichtung für den Verkehr, die auch bescheidenen Ansprüchen nicht zu genügen vermag. Mögen derartige Erdbahnen, solange sie sich in trockenem Zustand befinden, auch für leichte Fuhrwerke ein weiches und ruhiges Fahren ermöglichen, so verwandeln sie sich bei nasser Witterung in grundlose Sümpfe, in denen die Fahrzeuge tief einsinken und Gleise hinterlassen, die auch nach dem Wiederaustrocknen des Erdbodens nur allmählich durch den Verkehr wieder eingeebnet werden und ihn deshalb noch lange belästigen. So verbreitet sie unter primitiven Verhältnissen in früheren Zeiten auch waren und in unentwickelten Gegenden selbst jetzt noch sind, so ist doch ihre Anwendung in fortgeschrittenen Ländern trotz der geringen Herstellungskosten wegen der geschilderten Mängel mit Recht sehr in Abgang gekommen. Sie werden hier nur noch in gewissen Fällen als Feld-, Wald- und Reitwege, sowie auf Landstraßen als sogenannte Sommerwege neben einer befestigten Fahrbahn angeordnet.