



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA



Schweizer Wanderwege
Suisse Rando
Sentieri Svizzeri
Sendas Svizras

U.A. Meierhofer & M. Zumoberhaus, Abteilung Holz der EMPA, Februar 1992



Holzkonstruktionen im Wanderwegbau

Handbuch zur Optimierung von Planung, Bau und Betrieb

Ursprünglich herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) – Unveränderte Neuauflage 2009

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Schweizer Wanderwege

Bezug

Schweizer Wanderwege, Postfach, 3000 Bern 23

Te. +41 31 370 10 20

info@wandern.ch

Download

www.langsamverkehr.ch

www.wandern.ch

Rechtlicher Stellenwert

In der Reihe «Vollzugshilfen Langsamverkehr» veröffentlicht das ASTRA Grundlagen und Empfehlungen zuhanden der Vollzugsbehörden. Es will damit zu einem einheitlichen Vollzug beitragen. Vollzugsbehörden, welche die Vollzugshilfen berücksichtigen, können davon ausgehen, zweckmässig bzw. rechtskonform zu handeln. Andere, z.B. dem Einzelfall angepasste Lösungen sind damit aber nicht ausgeschlossen.

Schriftenreihe Umwelt Nr. 153

Fuss- und Wanderwege



Holzkonstruktionen im Wanderwegbau

HANDBUCH ZUR OPTIMIERUNG VON PLANUNG, BAU UND BETRIEB

erarbeitet durch

U.A. Meierhofer & M. Zumoberhaus, Abteilung Holz der
Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)

in Zusammenarbeit mit

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Schweiz. Arbeitsgemeinschaft für Wanderwege (SAW)
Schweiz. Arbeitsgemeinschaft für das Holz (Lignum)

Herausgegeben vom

**Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Bern, Februar 1992**

Arbeitsgruppe "Holz im Wanderwegbau"

- Präsident:** U.A. Meierhofer, EMPA Abteilung Holz
- Mitglieder:** J. Kolb, Lignum
F. Kromer, Schweizer Wanderwege
G. Luck, Bündner Wanderwege
D. Schmid, BUWAL
W. Steiner, Luzerner Wanderwege
M. Zumoberhaus, EMPA Abteilung Holz
- Autoren des Handbuchs:** U.A. Meierhofer, EMPA Abteilung Holz
M. Zumoberhaus, EMPA Abteilung Holz
- Zeichnerische Darstellung:** R. Looser, Basel

Bezugsquelle: Dokumentationsdienst
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
3003 Bern

Preis : Fr. 20.--

Vorwort

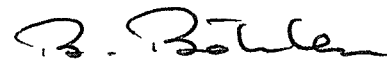
Das Wanderwegnetz der Schweiz umfasst heute rund 50'000 km markierte Wege und ermöglicht den Wanderern, sich in einer vielfältigen Landschaft zu erholen. Weite Teile dieses Netzes, das in einer bewegten Topografie angelegt ist, wären aber nicht benutzbar, wenn nicht Brücken, Stege, Leitern und Treppen die erforderlichen Verbindungen schaffen oder Hang- und Wegaicherungen die Begehrbarkeit ermöglichen würden. Für diese - meist einfachen - Bauwerke hat Holz als Konstruktionsmaterial eine vorrangige Bedeutung.

Aufgrund des Bundesgesetzes über Fuss- und Wanderwege (FWG) vom 4. Oktober 1985 haben die Kantone dafür zu sorgen, dass Wander- und Bergwanderrouren angelegt und erhalten werden und deren möglichst gefahrlose Begehrbarkeit sichergestellt ist. Der Bund ist bestrebt, die an der Erstellung und am Unterhalt von Wanderwegen beteiligten Kreise mit praxisgerechten Grundlagen in ihrer Aufgabenerfüllung zu unterstützen.

Das vorliegende Handbuch hat zum Ziel, die Qualität und Dauerhaftigkeit von Holzbauten zu verbessern und damit den Einsatz von Holz als einheimischen, ökologisch sinnvollen, zweckmässigen und kostengünstigen Baustoff im Wanderwegbau zu fördern. Die in dieser Wegleitung zusammengefassten Erfahrungen der beteiligten Wanderwegorganisationen, der Abteilung Holz der EMPA sowie von ausländischen Institutionen sollen Grundlagenkenntnisse über die Verwendung von Holz im Wanderwegbau vermitteln und anhand von Beispielen in der Praxis erprobte Konstruktionen für verschiedene Anwendungsbereiche aufzeigen.

BUNDESAMTES FÜR UMWELT,
WALD UND LANDSCHAFT

Der Direktor



Bruno Böhlen

TEIL A : GRUNDLAGEN

1	Einleitung	3
2	Bauliche Planung von Wanderwegen	4
2.1	Wegkategorien	4
2.2	Bauliche Massnahmen	6
2.3	Projektablauf	7
3	Materialien	8
3.1	Materialwahl	8
3.2	Holz	8
3.3	Metalle	12
3.4	Mineralische Baustoffe (Fels, Stein, Sand, Erde, Zement)	13
3.5	Organische Materialien (Kunststoffe, Bitumen)	14
4	Beanspruchungen und Gefährdungen	16
4.1	Wettereinwirkungen	16
4.2	Pilz- und Insektenbefall	16
4.3	Mechanische Einwirkungen (Belastung)	17
5	Dauerhaftigkeit der Bauten	18
5.1	Gestalterische und konstruktive Massnahmen	18
5.2	Holzauswahl und Verarbeitung	22
5.3	Chemischer Holzschutz	24
5.4	Oberflächenbehandlungen	25
6	Verbindungs- und Befestigungsmittel	26
6.1	Nägeln	28
6.2	Bauschrauben	32
6.3	Klammern	33
6.4	Leime	33

Inhalt	Seite
7 Berechnung und Bemessung	34
8 Ausführung	37
8.1 Vorarbeiten	37
8.2 Werkzeuge, Geräte und Transportmittel	37
8.3 Ausführungskontrolle	38
9 Überwachung und Unterhalt	39
9.1 Dokumentation	39
9.2 Überwachung	40
9.3 Feststellen von Pilzgefährdung und Vermorschung	41
9.4 Unterhalt	42
9.5 Massnahmen bei Pilzgefährdung und Pilzbefall	43

TEIL B : BAUWERKE

10 Brücken und Stege	47
10.1 Grundlagen	47
10.2 Brückensysteme	49
10.3 Konstruktionsteile	51
10.3.1 Grundbegriffe	51
10.3.2 Widerlager und Stützen	52
10.3.3 Haupttragwerke	55
10.3.4 Tragschicht und Verschleisschicht	60
10.3.5 Geländer	64
10.4 Beispiele	65
10.4.1 Einfacher Steg (Ausführungstyp B)	66
10.4.2 Rundholzbrücke (Ausführungstyp B)	67
10.4.3 Standardbrücke aus Schnittholz (Ausführungstyp A)	69

Inhalt	Seite
11 Treppen und Leitern	74
11.1 Treppen im Erdreich	74
11.2 Freigespannte Treppen	76
11.3 Leitern	79
12 Sicherungsbauten im Gelände	80
12.1 Hangsicherungen	80
12.1.1 Entwässerungen	80
12.1.2 Holzkasten	83
12.1.3 Hangrost	85
12.1.4 Faschinen, Flechtzäune, Buschlagen	87
12.2 Wegricherungen	91
12.2.1 Querschläge und Randentwässerungen	91
12.2.2 Durchquerung von Nassgebieten	95
12.2.3 Stufen und Randbefestigungen	95
13 Durchlässe bei Viehzäunen	99

ANHANG

Literaturangaben	105
Stichwortverzeichnis	107

TEIL A

GRUNDLAGEN

1 EINLEITUNG

Die Schweizer Stimmbürger haben 1979 mit grossem Mehr die Fuss- und Wanderwege in der Verfassung verankert (*Artikel 37 quater*). Gemäss Bundesgesetz über die Fuss- und Wanderwege (FWG) vom 4. Okt. 1985 sind nun die Kantone verantwortlich für Planung, Bau und Unterhalt. Dies führt längerfristig dazu, dass für die Fuss- und Wanderwege mehr Mittel als bisher zur Verfügung stehen. Trotzdem wird es auch in Zukunft unerlässlich sein, die Kosten für Infrastrukturbauten möglichst gering zu halten. Brücken, Stege, Treppen, Hangsicherungen etc. sollten jedoch nicht nur wirtschaftlich sein, sondern sich auch möglichst gut in die Landschaft einpassen und eine positive Wirkung auf den Erlebniswert eines Weges haben.

Falls richtig eingesetzt, erfüllt Holz als Baumaterial diese Anforderungen in hohem Masse. Dieses Handbuch soll helfen, mit Holz gute, attraktive, sichere und dauerhafte Wanderwegbauten zu erstellen. Der Schwerpunkt der Bestrebungen liegt darin, die Qualität der Bauten zu optimieren, die Lebensdauer zu verlängern, den Unterhalt zu vereinfachen und die Kosten zu verringern.

Die nachfolgenden Informationen sind gedacht als Anstoss und Anleitung. Auch wenn die Kapitel 2 bis 9 grundsätzlicheren Charakter haben, so soll doch keine Norm geschaffen werden. Vielmehr wird eine grosse Anzahl von sowohl phantasievollen als auch fachmännischen Problemlösungen angestrebt; die Vielfalt ist eine der Grundlagen eines hohen Erlebniswertes.

Die Informationen dieses Handbuchs sind unter anderem auch als Entscheidungshilfe in verschiedenen Situationen gedacht, was einige Abgrenzungen voraussetzt. Die beiden wichtigsten sind

- die Unterscheidung zwischen gut zugänglichen und schlecht zugänglichen Baustellen (wo nur mit sehr einfachen Mitteln gearbeitet werden kann),
- die Unterscheidung zwischen (bezüglich Planung und Ausführung) einfachen Bauwerken und anspruchsvolleren Bauten, die üblicherweise die Beteiligung von Spezialisten notwendig macht.

Dieses Handbuch richtet sich in erster Linie an jene Stellen in kantonalen Verwaltungen, Gemeinden, Wanderwegorganisationen und im Baugewerbe, die sich mit der Planung, dem Bau, dem Unterhalt und der Sanierung von einfachen Bauwerken auseinandersetzen. Es enthält aber auch zahlreiche Hinweise und Empfehlungen, die bei anspruchsvolleren Konstruktionen anzuwenden sind.

Viele Probleme liessen sich nur beschränkt darstellen, da der Umfang dieses Handbuches nicht beliebig erweitert werden konnte. Eine Uebersicht weitergehender Literatur findet sich im Anhang.

Eine Ueberarbeitung, in der weitere Erkenntnisse berücksichtigt werden können, ist mittelfristig vorgesehen. Die Autoren sind dankbar für Hinweise bezüglich Ergänzungen, Aenderungen und Verbesserungen sowie auch für Beispiele von besonders gelungenen Projekten.

2 BAULICHE PLANUNG VON WANDERWEGEN

2.1 Wegkategorien

Der *Ausbaustandard von Bauwerken* richtet sich nach den Ausbaukriterien des betreffenden Wegabschnitts, die detailliert in den Wegebau-Empfehlungen der Schweizer Wanderwege [1] festgehalten sind. Wesentliche Faktoren für den Ausbaustandard sind Konstitution und Ausrüstung der Benutzer, die Topographie und das Klima. Das Fuss- und Wanderweggesetz (FWG) macht nur Unterschiede zwischen den innerörtlichen Fusswegen und den eher ausserorts gelegenen Wanderwegen, äussert sich jedoch nicht zum Ausbaugrad.

Für Planung und Bau von Wanderwegen ist jedoch eine Kategorisierung zweckmässig, obwohl eine Abgrenzung nicht immer eindeutig vorzunehmen ist.

Zu unterscheiden sind:

- Spazierweg
- Wanderweg
- Bergwanderweg
- alpine Route

Spazierweg

Merkmale

Neigung	: in der Regel bis 10%, ausnahmsweise bis 15%
Breite	: 0.8 m bis 2 m
Wegoberfläche	: Naturbelag aus Mergel, Kies, Sand, Split etc.
Entwässerung	: ein- oder beidseitige Querneigung
Markierung	: unterschiedlich

Spazierwege führen, soweit möglich, abseits der Strasse durch ruhige und landschaftlich reizvolle Teile einer Ortschaft. Gelegentlich lassen sich Treppen oder steilere Zwischenstücke zur Ueberwindung von kleineren Höhendifferenzen nicht vermeiden. Eine Deckschicht aus Mergel, Kies, Sand, Split oder dergleichen wird einem Hartbelag vorgezogen, auch wenn dadurch das Befahren mit Rollstuhl- oder Kinderwagen erschwert wird. Die Breite des Spazierweges ist so festgelegt, dass *zwei bis drei Personen nebeneinander* gehen können. Gelegentlich sind jedoch schmalere Stellen, z.B. bei Bauwerken, unumgänglich. Beim Festlegen der Bauwerksbreite und -neigung sind Nutzungserweiterungen und -intensität (unter anderem auch durch Rollstuhlgänger, Radfahrer etc.) zu berücksichtigen.

Wanderweg

Merkmale

Neigung	: ohne Stufen bis ca. 20%, mit Stufen bis zu 100%
Breite	: gering; ab 30 cm
Wegoberfläche	: Naturboden, evtl. lokal mit Kies bedeckt
Entwässerung	: via Linienführung; lokal Entwässerungsgraben und Querschläge
Markierung	: gelb

Ausserhalb der Ortschaften verbinden Wanderwege bevorzugt landschaftlich reizvolle Gebiete, Aussichtspunkte, historische Stätten usw. Die Ausrüstung der Benutzer ist den Eigenschaften des Weges angepasst (z.B. festes Schuhwerk). Je nach Nutzung ist der Wanderweg *oft nur einspurig*, d.h. verhältnismässig schmal. Höhenunterschiede werden mit steileren Zwischenstücken, allenfalls mit Stufen überwunden. Die Wegoberfläche besteht aus natürlichen Materialien. Manchmal genügt das gewachsene Terrain, gelegentlich jedoch wird die Oberfläche etwas stabilisiert oder eingekiest. Bewährt hat sich eine ton/wassergebundene Deckschicht, die aber stets kleinere Unebenheiten aufweist. Hartbeläge - wie Beton oder Asphalt - sind unerwünscht, durch die Benützung bestehender Güterwege und innerörtlicher Verbindungen jedoch oft nicht zu vermeiden.

Bergwanderweg

Merkmale

Neigung	: steile Wegabschnitte, häufig Stufen
Breite	: gering
Wegoberfläche	: uneben, unbefestigt
Entwässerung	: selten, ausnahmsweise bei Kunstbauten
Markierung	: weiss/rot/weiss

Die Benützung der Bergwanderwege im Jura, Alpen- und Voralpengebiet schliesst höhere Risiken ein, wie steile, durchnässte, glitschige oder exponierte Wegabschnitte. Wenn auch technische Hilfsmittel nicht notwendig sind, so müssen doch *geeignetes Schuhwerk* und eine *gute körperliche Verfassung* vorausgesetzt werden.

Alpine Route

Alpine Routen und Gletscherrouen bilden nicht mehr Teil von Wanderwegnetzen. Die Benützung von alpinen Routen erfordert oft den Gebrauch der Hände, aber auch von technischen Hilfsmitteln wie Seil und Pickel. *Gute Ausrüstung* und *Bergerfahrung* sind unerlässlich. Bauliche Vorkehrungen beschränken sich auf einzelne Spezialmassnahmen wie Verankerungen und festinstallierte Seile. Wichtige alpine Verbindungs- und Hüttenwege werden seit kurzem mit der Markierung weiss/blau/weiss bezeichnet.

Besonders risikoreich ist die Benützung von Gletscherrouen, die nicht nur ständig wechselnden Schnee- und Eisbedingungen ausgesetzt sind, sondern auch ihre Lage verändern können. Gletscher sollten nur von erfahrenen Bergsteigern begangen werden.

2.2 Bauliche Massnahmen

Bei der Planung und Ausführung von Bauten für Wanderwege sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Wegkategorie, Ausbaustandard (Sicherheit, Komfort)
- Einpassung in die Landschaft
- Geländesicherung (Erosionsschutz)
- Wirtschaftlichkeit (Bau- und Unterhaltskosten)
- Zugänglichkeit und zur Verfügung stehende Mittel (Personal, Finanzen, Maschinen und Geräte)

Das vorliegende Handbuch enthält an sich keine Angaben zur Linienführung (Trasseewahl) eines Wanderweges. Es ist aber naheliegend, dass die *Linienführung* neben dem Erlebniswert auch die Kosten wesentlich beeinflusst. Durch eine geeignete Linienführung können oft teure Bauten und aufwendige Unterhaltsarbeiten vermindert oder gar vermieden werden.

Die *Breiten* von Konstruktionen in Wanderwegen wie Brücken, Stege und Zaundurchlässe müssen nicht mit den Soll-Breiten der Wege übereinstimmen. Für einspurige Brücken ist eine Breite von 0.6 bis 0.8 m, für zweispurige eine Breite von ca. 1.3 m erforderlich. Breite Wege und Wegbauten erhöhen die effektive Sicherheit und das Sicherheitsgefühl des Benützers.

In Abhängigkeit von der Wegkategorie, der Zugänglichkeit und den zur Verfügung stehenden Mitteln schwankt der *Ausbaustandard* in weiten Grenzen. Eine grobe Einteilung in zwei Klassen erweist sich als zweckmässig.

Typ A-Bauten : Aufwendigere Bauten aus grösstenteils zugeführten Materialien

Typ B-Bauten : Bescheidenere, einfache Bauten, vorwiegend mit Baumaterialien aus der näheren Umgebung

Bei den *A-Bauten* handelt es sich um eher aufwendige Konstruktionen, die so konzipiert sind, dass sie eine möglichst grosse Lebensdauer aufweisen und im allgemeinen wenig Unterhalt benötigen. Dies bedingt verhältnismässig hochwertige Materialien (z.B. druckimprägniertes oder biologisch resistentes Holz) und eine relativ weitgehende Verarbeitung. Die Verwendung von wenig dauerhaftem Holz ist nur für ausreichend wettergeschützte Bauteile oder für Verschleissteile sinnvoll, die leicht ersetzt werden können.

A-Bauten werden üblicherweise durch Zimmerleute hergestellt und gegebenenfalls von einem Bauingenieur geplant und berechnet. Die Bauteile sollen weitgehend vorfabriziert (oder gar standardisiert) werden, so dass sie auf der Baustelle nur noch zusammengesetzt werden müssen. Die A-Bauten befinden sich normalerweise an Stellen, die für Baugeräte und Materialtransporte gut zugänglich sind. Mit entsprechendem finanziellen Aufwand können vorgefertigte Konstruktionen mit speziellen Transportmitteln (Helikopter) auch an schwer zugänglichen Standorten eingebaut werden.

B-Bauten sind sehr einfach in Konzept und Bearbeitung. Sie sind vor allem dort anzutreffen, wo die Anforderungen an das Bauwerk gering sind (z.B. bei einem Provisorium) oder wo infolge einer schlechten Zugänglichkeit weitgehend lokale Materialien verwendet werden, die mit einfachen handwerklichen Geräten zu verarbeiten sind. Oft handelt es sich um Bauten aus Stein, Erde sowie wenig bearbeitetem Holz wie Rund- und Halbhölzer. Die Vorkehrungen zur Verlängerung der Lebensdauer beschränken sich zumeist auf gestalterische und konstruktive Massnahmen. Oft können an die Dauerhaftigkeit nicht allzu hohe Ansprüche gestellt werden. Wichtig ist deshalb eine bauliche Konzeption, die Reparaturarbeiten erleichtert. Bei den B-Bauten gelangen nur einfache Verbindungsmittel zum Einsatz.

2.3 Projektablauf

Die Grundlagen für Projekteingabe, Vernehmlassung und Bauentscheide sind im Wanderwegbau in der Regel in einem allgemeinen Bauprojekt enthalten. Für die Ausführung von aufwendigeren Bauwerken (Typ A-Bauten) ist eine genauere Planung (Detailprojekt) durch Ingenieure oder spezialisierte Fachleute sinnvoll. Inhalt und Umfang eines solchen Detailprojekts sind je nach Bauwerk verschieden und richten sich nach den SIA-Normen 103 und 104.

Insbesondere bei Typ B-Bauten genügen jedoch die in einem allgemeinen Bauprojekt enthaltenen Unterlagen, allenfalls ergänzt durch Detailskizzen. Ein vollständiges Bauprojekt umfasst:

- Uebersicht 1 : 25'000, evtl. 1 : 10'000
- Situationsplan 1:1'000, 1:500
- Längenprofil(e) und typische Querprofile des Wegtrassees bzw. der Kunstbauten inkl. notwendiger Geländeaufnahmen
- Vergleich von Lösungsvarianten bzw. Aufzeigen von Alternativen
- Skizzen oder Pläne von Kunstbauten inkl. Angaben zur vorgesehenen Nutzung (z.B. kombinierte Nutzung Wanderweg/Radfahrer/Pistenfahrzeuge etc.), Bauwerksbreite und erforderliche Sicherheitsvorkehrungen (Geländer)
- Baugrundbeurteilung (Widerlager bei Brücken, Kriech- und Rutschhängen etc.) sowie allfällige Vorschläge für die Verbesserung des Baugrundes (z.B. ingenieurbioologische Massnahmen, Entwässerungen usw.)
- Verfügbarkeit und Eignung von lokal vorhandenen Baumaterialien wie Hölzer (Holzart, Stammlänge etc.), Felsblöcke, Kiesvorkommen, Erdmaterialien
- Angaben über Lawinenzüge und Wasserführung der Bäche und Flüsse (Auskunft durch Kantonales Wasserbauamt, Ortsansässige, Lawinenkataster sowie Beobachtung im Gelände)
- Situation und Beschrieb der Eigentums- und Dienstbarkeitsverhältnisse (Weg- und Nutzungsrechte)
- Erschliessung und Zugänglichkeit (Typ A- bzw. B-Bauten)
- Kostenschätzung
- Zusammensetzung und Qualifikation der vorgesehenen Arbeitskräfte (eigene Baugruppe, Forst- oder Zimmerleute, Militäreinheiten, Hilfskräfte)
- Bautermine
- Zuständigkeit für weitere Planungsarbeiten, für die Ausführung des Bauvorhabens sowie für Ueberwachung und Unterhalt

3 MATERIALIEN

3.1 Materialwahl

Traditionellerweise stehen im Wanderwegbau Holz, Steine, Sand und Erde als Baumaterialien im Vordergrund. Metalle, vor allem Eisen und Stahl, werden hauptsächlich als Verbindungsmittel, Armierungsstäbe und Gewindestangen eingesetzt. Beton hat besondere Qualitäten bei der Verwendung im Fundamentsbereich, und aus Kunststoffen lassen sich grossflächige, leichte und wasserdichte Folien herstellen.

Die Anwendungsbereiche der verschiedenen Materialien überlappen sich teilweise erheblich. Für die Materialwahl sind deshalb folgende Kriterien massgebend:

- Technische Eignung (Tragfähigkeit, Materialeigenschaften, Abriebfestigkeit, Verformungsverhalten u.a.)
- ästhetische Gesichtspunkte
- Dauerhaftigkeit
- Wirtschaftlichkeit (v.a. Gestehungs- und Unterhaltskosten)
- Verarbeitbarkeit (benötigte Werkzeuge und Hilfsmittel)
- Handlichkeit (Gewicht, Grösse) bei Transport und Einbau
- Unterhalts- und Reparaturfreundlichkeit (u.U. Wiederverwendbarkeit)
- Verfügbarkeit (zeitlich und örtlich)
- Umweltverträglichkeit in der Herstellung, im Gebrauchszustand und bei einer eventuellen Entsorgung

3.2 Holz

Holz ist für die meisten Bauaufgaben im Wanderwegbau sowohl in technischer als auch in ästhetischer Hinsicht ein geeignetes Material. Insbesondere in Kombination mit den örtlichen Bodenmaterialien ergeben sich Konstruktionen, die sich *vorzüglich in die Landschaft einfügen*. Rundholz, Schnittholz oder hochwertiges Brettschichtholz stehen überall in geeigneter Qualität zur Verfügung und lassen sich mit einfachsten Mitteln verarbeiten. Holz ist - nicht zuletzt aufgrund der biologischen Abbaubarkeit - sehr umweltfreundlich (wobei dies - in einem für Wanderwege akzeptablen Rahmen - die Lebensdauer der Holzkonstruktionen einschränkt). Holz weist einige Eigenschaften auf, die sich wesentlich von denjenigen anderer Baumaterialien unterscheiden.

Im Holz sind stets erhebliche Mengen von Wasser eingelagert. Es passt seine Feuchtigkeit den Umgebungsbedingungen an. Es kann sowohl Wasserdampf aus der Luft aufnehmen (und an sie abgeben) als auch kapillar durch tropfbares Wasser von Niederschlägen, benachbarten Bauteilen und vom Boden her befeuchtet werden. Bis zu einer *Holzfeuchte* von rund 30% (Gewicht des Wassers = 30% der wasserfreien Holzsubstanz), d.h. bis zur sogenannten Fasersättigung wird das Wasser in die Zellwände eingelagert. Bei höherer Holzfeuchte enthalten auch die Zellhohlräume Wasser. Andauernde Holzfeuchte oberhalb der Fasersättigung bedeutet Gefährdung durch holzerstörende Pilze. Im waldfrischen Zustand weist Holz Feuchtigkeiten von 30% bis über 200% auf.

Feuchteänderungen unterhalb der Fasersättigung bewirken ein *Schwinden und Quellen* des Holzes. Die Schwind- und Quellmasse sind abhängig von der Richtung zur Stammachse; sie sind besonders gross tangential zu den Jahrringen und etwa halb so gross in radialer Richtung.

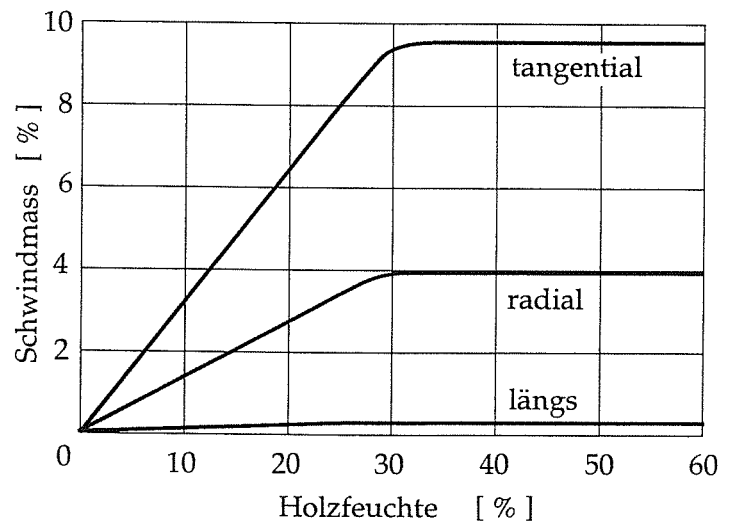


Abb. 3.1: Schwinden und Quellen von Fichtenholz (mit einer Darrdichte von 400 kg/m^3)

In Stamm- bzw. Faserlängsrichtung sind die Dimensionsänderungen sehr gering. Das in radialer und tangentialer Richtung unterschiedliche Schwinden und Quellen führt beim Trocknen des Holzes zu grossen Querkzugspannungen, was schliesslich die bekannten Schwindrisse zur Folge hat. Die Schwindspannungen bewirken je nach Querschnitt unterschiedliche Schwindverformungen.

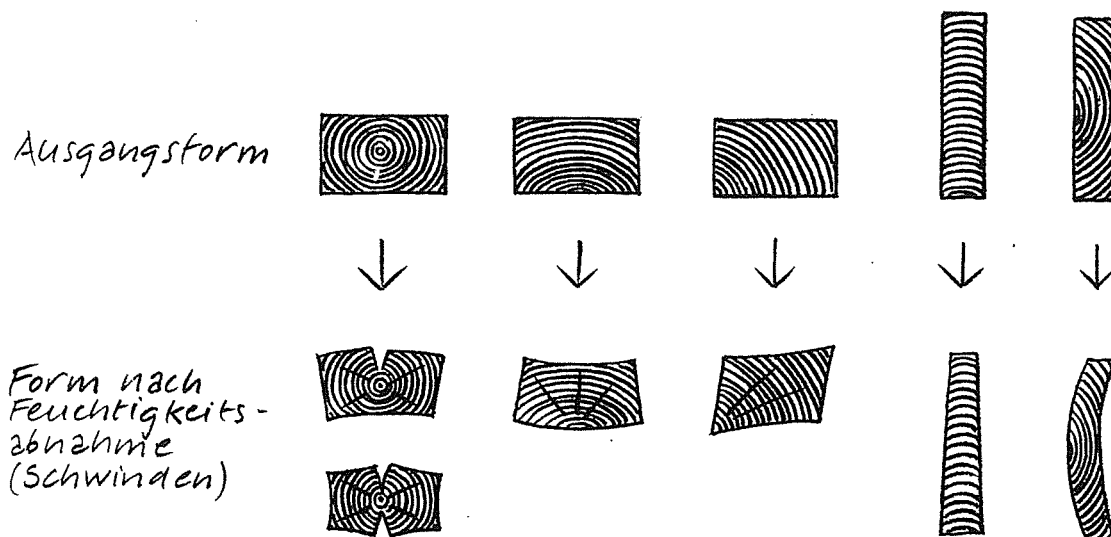


Abb. 3.2 : Schwindverformungen

Schwindrisse sind statisch meist unbedenklich. Sie können sich jedoch ungünstig auf die Dauerhaftigkeit auswirken, vor allem bei obenliegenden Rissen von wetterexponierten horizontalen Bauteilen. Hier kann sich Niederschlagswasser ansammeln, stagnieren und damit eine Durchfeuchtung des Bauteils bewirken.

Für die Anwendung von Holz im Wanderwegbau ist die biologische Abbaubarkeit durch Organismen eine der wichtigsten Eigenschaften. Sie beschränkt die Lebensdauer von Bauwerken und Bauteilen. Die verschiedenen Holzarten weisen eine unterschiedliche Abbaubarkeit bzw. *biologische Resistenz* gegen Pilze und Insekten auf. Bei Kernholzarten, deren Kern eine deutlich andere Farbe als das äussere Splintholz aufweist, ist die Widerstandsfähigkeit des Kernholzes wesentlich grösser als die des Splints, die im allgemeinen besonders gering ist.

Die Widerstandsfähigkeit verschiedener einheimischer Holzarten lässt sich vereinfacht wie folgt gegenüberstellen:

hohe bis sehr hohe Resistenz	mässige Resistenz	geringe bis sehr geringe Resistenz	
Eibe*	Nussbaum *	Arve	Föhre
Edelkastanie*	Lärche *	Fichte (Rottanne)	Linde
Eiche*	Birnbaum	Tanne (Weisstanne)	Pappel
Robinie*	Douglasie *	Ahorn	Ulme
	Kirschbaum	Birke	Buche
		Erle	Weissbuche
		Esche	

* nur Kernholz (Kernholzarten)

hohe Resistenz : Lebensdauer von mehr als 25 Jahren

geringe Resistenz : Abbau in weniger als fünf Jahren unter ungünstigen Bedingungen (z.B. bei stagnierender Feuchtigkeit oder Erdbodenkontakt)

Auch bezüglich der *mechanischen Eigenschaften* (Festigkeit, Verformbarkeit) weist Holz ein im Vergleich mit anderen Baustoffen unterschiedliches Verhalten auf. Diese Eigenschaften sind stark richtungsabhängig: besonders günstig in Stammlängsrichtung, weniger günstig quer dazu. Dies ist auf den Zellaufbau des Holzes zurückzuführen, der aus dem Holz eine Struktur aus parallelen, dünnen Röhren, den Fasern, macht. Diese Grundstruktur wird vor allem gestört durch Aeste und Schrägfasrigkeit, welche die Festigkeit des Holzes lokal vermindern. Trotz solchen lokalen Schwächungen weist Holz eine hohe Festigkeit auf, besonders wenn man das geringe Gewicht dieses Werkstoffes berücksichtigt.

Die Werte der mechanischen Eigenschaften, insbesondere für die Bemessung von Bauwerken, können der *Norm SIA 164 [2]* entnommen werden. Diese Norm enthält auch Angaben über die erforderliche Qualität von Konstruktionsholz, die für A-Bauten mit ihrem "normalen" Arbeitsablauf (Planung-Zimmerei-Montage) direkt anwendbar sind.

Bei B-Bauten, bei denen im wesentlichen Rundholz aus der Umgebung des Bauwerks zum Einsatz gelangt, können die Qualitäts- und Sortierbestimmungen nur mit Einschränkungen angewandt werden. Im Gegensatz zum Schnittholz sind am Rundholz viele *Sortiermerkmale* nicht oder nur sehr schwierig zu erkennen, besonders im nicht-entrindeten Zustand (Schrägfasrigkeit, Harzstellen, Harztaschen, Reaktionsholz). Andererseits wirken sich beim Rundholz die wichtigsten festigkeitsvermindernden Strukturstörungen - Aeste und Schrägfasrigkeit - in weit geringerem Mass aus als beim Schnittholz. Beim Schnittholz finden sich nämlich stets Stellen, an denen die Fasern schräg angeschnitten sind; dies verursacht eine deutliche Schwächung, besonders bei Zugbeanspruchung (z.B. auf der Zugseite eines Biegebalkens).

Für lokal zu beschaffendes Material (für B-Bauten) empfiehlt es sich, folgende Qualitätsregeln anzuwenden:

- Es sind möglichst *gesunde Bäume* auszuwählen. Insektenbefall des stehenden Baumes weist auf eine Vitalitätsstörung (Gesundheitsstörung) und eine allenfalls bereits vorhandene Schädigung hin.
- Beim *Fällen* der Bäume ist ein Aufschlagen auf vorstehende Geländeunebenheiten, Baumstrünke etc. zu vermeiden, da dies eine erhebliche, oft kaum sichtbare Schädigung des Holzes verursachen kann.
- Eine allfällige Zwischenlagerung ist für eine Vortrocknung zu nutzen. Um die Trocknung zu beschleunigen und einen Befall durch Frischholzinsekten zu vermeiden, ist das Holz im Anschluss an das Fällen von Rinde und Bast zu befreien. Eine *Lagerung mit guter Luftzirkulation* fördert die Trocknung. Ungünstig sind Bodenkontakt, Rückprallwasser vom Boden, aber auch direkte Sonnenbestrahlung. Eine zu rasche Trocknung verursacht übermässige Schwindrisse.
- Holz, das bereits beim Verarbeiten vermorschte Stellen - insbesondere auch die im Querschnitt erkennbare Stammfäule - aufweist, hat nur eine geringe Gebrauchsdauer. Pilzbefall kann an den Verfärbungen, am Geruch und an der verminderten Härte des Holzes festgestellt werden (vgl. Kap. 9.3).
- Langsam gewachsenes Holz - mit engen Jahrringen - ist dauerhafter als rasch gewachsenes (der gleichen Holzart).
- Für Bauteile (aus Rundholz), die einer grösseren Belastung ausgesetzt sind (Biegung, Druck, Zug), sollte der Durchmesser der Aeste an der Stammoberfläche nicht grösser als ein Drittel des Stamm- bzw. Bauteildurchmessers sein. Beim Schnittholz sind die Sortierkriterien der *Norm SIA 164 [2]* anzuwenden.

3.3 Metalle

Im Zusammenhang mit Holzkonstruktionen werden Metalle für Verbindungsmittel, für spezielle Bauteile wie Auflager, Fussplatten, Zugstangen und Drahtseile, für Abdeckungen in Form von Blechen und schliesslich im Erdbau für Gitter und Netze verwendet.

Folgende Metalle kommen grundsätzlich in Frage:

- Eisen
- Stahl
- rostfreier Stahl (Chromstahl, V2A, V4A)
- wetterfester Stahl (Corten, Coraldur, Patinax)
- Kupfer
- Bronze
- Aluminium

Bei den Abdeckungen können ästhetische Gesichtspunkte eine ausschlaggebende Rolle spielen. Dunkle Bleche, wie oxidiertes Kupfer und Eisen, fügen sich meist besser in die Landschaft ein als hellgraues Aluminium oder Weissblech. Wegen der niedrigen Kosten werden Eisen und Stahl bevorzugt, wobei bestimmte technische Nachteile, wie z.B. die geringere Dauerhaftigkeit, in Kauf genommen werden.

Eine wichtige Rolle spielt auch bei den Metallen die Dauerhaftigkeit, die auch hier in erster Linie eine Frage der (hohen) Feuchtigkeit ist. Stellen mit hoher Feuchtigkeit lassen sich im Wanderwegbau oftmals nicht vermeiden. Bezüglich *Korrosion der Metalle* ist deshalb zu beachten, dass

- bestimmte Holzarten (Eiche, Douglasie, Kastanie) korrosiv auf (ungeschützte) Metalle wirken,
- unterschiedliche Metalle nicht nebeneinander in Holz verwendet werden sollten,
- kupferhaltige Holzschutzmittel die Korrosion von Eisen, Stahl und Aluminium fördern.

Die für die Druckimprägnierung verwendeten Borsalze wirken sich, was die Korrosion betrifft, nicht ungünstig aus.

Folgende Massnahmen fördern die Dauerhaftigkeit von metallischen Bauteilen:

- Ein guter und preisgünstiger Schutz von Eisen und Stahl wird durch *Verzinken* erzielt. Feuerverzinken hat sich wegen den wesentlich grösseren Schichtdicken besser bewährt als galvanisches Verzinken. Der Korrosionsschutz bleibt auch dann gewährleistet, wenn die Zinkschicht lokal geringfügig verletzt ist. Grössere Schadflächen und unbehandelte Trennflächen können auf der Baustelle mit einem Zinkanstrich nachbehandelt werden. Die Schutzwirkung dieses Anstrichs ist jedoch geringer. Im Laufe der Zeit wird die Zinkschicht abgebaut. Die Schutzwirkung ist somit von beschränkter Dauer.
- Einen guten Schutz bieten auch *Rostschutzanstriche*. Sie sind zum Beispiel aus einem Grundanstrich (Bleimenninge) und einem Deckanstrich (Chlorkautschuklack) aufgebaut. Solche Behandlungen sollten keine Lücken aufweisen, was bei Wanderwegbauten nur schwer zu gewährleisten ist (Beschädigung/Verletzung des Anstrichfilms). Ueblicherweise ist auch die notwendige periodische Nachbehandlung nicht sichergestellt.

- Die längerfristige Funktionstüchtigkeit von metallischen Bauteilen kann auch durch *Ueberdimensionierung*, d.h. durch die Verwendung von zu grossen Querschnitten sichergestellt werden. Unter extrem ungünstigen Umständen kann das Abrosten eines Stahles einige Millimeter, bei nicht dauernd feuchten Bedingungen Bruchteile von Millimetern pro Jahr betragen. Gefährdet sind naheliegenderweise vor allem Querschnitte mit kleinen Abmessungen wie Nägel und Bleche.
- Bei den *korrosionsbeständigeren Metallen* findet Kupfer für Abdeckbleche Verwendung. Aluminium wird vor allem für Schrauben, Bolzen, Bleche oder Drähte verwendet. Sogenannt wetterfeste Stähle bilden unter bestimmten Voraussetzungen, die nicht einfach zu gewährleisten sind, eine Schutzschicht [3]. Falls diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind, rosten wetterfeste wie andere ungeschützte Stähle. Ein Vorteil von wetterfesten Stählen liegt in der dunklen Farbe der Korrosionsprodukte, die sich gut in die Landschaft einpasst.
- Eine hohe Korrosionsbeständigkeit weisen Bronze und sogenannte *rostfreie Stähle* auf. Diese Stähle können allerdings bei hohen Beanspruchungen und bestimmten Umgebungsbedingungen durch Spannungsrisskorrosion geschwächt werden, die besonders schwer feststellbar ist und bei hohen mechanischen Beanspruchungen zu einem plötzlichen Versagen führen kann.

3.4 Mineralische Baustoffe (Fels, Stein, Sand, Erde, Zement)

Gesteinsmaterialien gehören zusammen mit Holz zu den ältesten Baumaterialien des Menschen und werden für die verschiedensten Bauaufgaben verwendet: Profilierung des Geländes, Auffüllungen, Aufschichten (Stufen, Wände), Entwässerungen etc. bis hin zur Bildung von Tragkonstruktionen (Bögen, Gewölbe). Die Eigenschaften der Gesteinsmaterialien schwanken innerhalb eines grossen Bereiches. Zur Verminderung des Transportaufwandes werden bevorzugt lokale Gesteinsmaterialien verwendet, auch wenn diese nicht von optimaler oder von nur beschränkt geeigneter Qualität sind.

Einige Eigenschaften von Gesteins- und Bodenmaterialien sind für Wanderwegbauten wichtig:

Frostbeständigkeit

Sie ist gewährleistet in kompakten, dichten Gesteinen (Granit, Gneis, Kalkstein u.a.), in die kein Wasser eindringen kann, das beim Gefrieren die Gesteine sprengen würde. Weniger geeignet sind z.B. tonige Schieferplatten, Nagelfluh und gewisse Sandsteine.

Durchlässigkeit von Bodenmaterialien

Durchlässige Böden (Sand, Kies, Geröll) bestehen aus grobkörnigem Material, durch welches das Wasser abfliessen kann. Solche Materialien sind für Drainagen zu verwenden oder für Gehflächen, damit sich auch bei Regen kein Wasser ansammelt.

Undurchlässigkeit von Bodenmaterialien

Feinkörnige Böden (insbesondere Lehm und Ton) sind für Wasser undurchlässig und lassen sich deshalb zum Abdichten verwenden. Sie sind - falls gut verdichtet - aber auch luftundurchlässig und konservieren dadurch Holzbauteile, die in ihnen eingebettet sind.

Für Fundamente von Holzkonstruktionen eignen sich grosse, aufgeschichtete Steine besonders gut, da sie das Niederschlags- und Hangwasser abfliessen lassen. Vorzuziehen sind Steine mit hoher Festigkeit und flächigen Bruchformen (z.B. Gneise), die sich leicht schichten lassen.

Bauteile im Bodenbereich, wie Fundamente, Auflager etc., lassen sich gut aus *Beton* herstellen. Beton wird je nach Zugänglichkeit der Baustelle als Fertigbeton zugeführt oder direkt auf der Baustelle als Ortsbeton aus Zement und einem Kiessand-Gemisch (sogenannten Zuschlagstoffen) herge-

stellt. Beton aus grobem Kies mit Zementmörtel wird als Sickerbeton für die Drainage verwendet. Falls örtliche Gesteinsmaterialien als Zuschlagstoffe verwendet werden, ist darauf zu achten, dass sie keinen Humus oder andere organische Materialien (Wurzeln, Blätter, Nadeln) enthalten. Dies gilt auch für das Anmachwasser. Durch eine geeignete Abstufung der Körnung der Zuschlagstoffe lässt sich die Qualität des Betons günstig beeinflussen. Folgende *Mischung* ist anzustreben:

15 Volumen% mit der Korngrösse $\leq 2\text{ mm}$

25 Volumen% mit der Korngrösse 2 mm ... 8 mm

60 Volumen% mit der Korngrösse 8 mm ... 30 mm

Ein zu grosser Feinanteil bindet den Zement und reduziert damit die Festigkeit.

Eine für *handwerkliche Verarbeitungsbedingungen* akzeptable Betonqualität kann wie folgt hergestellt werden:

*Verwendung von ca. 10 kg Zement (Portlandzement) pro Schubkarre Zuschlagstoffe
(1 Schubkarre = ca. 12 Schaufeln) .*

Mehr Zement (fettere Mischung) ergibt eine eher mörtelartige Mischung für Reparaturen, Pflasterungen etc. Weniger Zement wird in Magerbeton für Unterlags- und Füllzwecke verwendet.

↓

Zuschlagstoffe und Zement auf sauberer Unterlage zweimal trocken umschaufeln, dann unter Beigabe von Wasser nochmals mindestens zweimal umschaufeln.

↓

Je nach Kiesfeuchte 3 bis 5 Liter Wasser pro Schubkarre zugeben.

Im allgemeinen wird zuviel Wasser beigemischt. Die Verarbeitungsbedingungen werden dadurch wohl verbessert, die Festigkeit des Betons wird jedoch vermindert.

↓

Nach der Mischung möglichst bald einbringen und gut verdichten.

Für anspruchsvolle Betonbauten ist dieser handwerklich hergestellte Beton ungenügend und die Anwendung bewährter Betontechnologien unerlässlich [vgl. Norm SIA 162 und Praxisleitfaden der SAB "Schalen, Armieren, Betonieren"].

3.5 Organische Materialien (Kunststoffe, Bitumen)

Die wichtigste Anwendung von organischen Materialien für Wanderwegbauten sind Folien für Abdeckungen und Abdichtungen. Die sogenannten Geotextilien für Hangsicherungen und Filterschichten werden ebenfalls aus Kunststoffen hergestellt. Auch die heutigen Holzleime bestehen aus Kunstharzen. Sie werden ausschliesslich bei anspruchsvolleren Konstruktionen angewandt (insbesondere bei solchen aus Brettschichtholz) und deshalb hier nicht weiter behandelt. Schliesslich bestehen die Anstrichstoffe für den Holzaussenbau zur Hauptsache aus Acryl- und Alkydharzen. Nähere Angaben zu den Holzanstrichstoffen finden sich in Abschnitt 5.4.

Grundsätzlich sind alle *Dichtungsbahnen* für den Wanderwegbau geeignet, welche die Anforderungen für Grundwasserabdichtungen der SIA-Norm 280 erfüllen, also z.B. Weich-PVC- (Polyvinylchlorid), PE- (Polyäthylen) und CPE- (chlorierte PE-)Folien. Weich-PVC altert schneller als PE, da Weichmacheranteile ausgewaschen werden. Alle diese Kunststoffe sind zwar im allgemeinen beständig gegen kurzfristige chemische und biologische Einflüsse, sollten aber wenn möglich nicht dauernd nass sein.

Abdeckungen sind - anders als Abdichtungen - oftmals intensiver Sonnenstrahlung ausgesetzt, welche die Alterung der organischen Materialien sehr beschleunigt. Für diese Anwendungen kommen deshalb nur lichtbeständige Folien in Frage, wobei der Lichtschutz oftmals durch das Beimengen von schwarzen Pigmenten bei der Herstellung erzielt wird.

Auch unverstärkte, bituminöse Dichtungsbahnen ('Dachpappen') verspröden verhältnismässig rasch an der Oberfläche, wenn sie dem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Es empfiehlt sich daher, Bitumenbahnen mit einem UV-Schutz oder die UV-beständigeren Polymer-Bitumenbahnen zu verwenden [4].

Geotextilien werden als Gewebe, Vliese oder Netze aus Polyester oder Polyäthylen hergestellt. In dieser Form haben sie eine langfristige Trenn-, Stütz- und Filterfunktion für Bodenmaterialien. Dort, wo nur eine Wirkung von beschränkter Dauer erzielt werden muss (z.B. bis Wurzelwerk die entsprechenden Aufgaben übernimmt), werden bevorzugt verrottende Gewebe aus Kokos-, Jute- oder Zellulosefasern verwendet [5].

4 BEANSPRUCHUNGEN UND GEFÄHRDUNGEN

Bauwerke haben den verschiedensten Einwirkungen zu widerstehen:

- Wetter: Wärme und UV-Strahlung, Niederschläge, Wind, Luftfeuchteänderungen, Temperatur und Temperaturänderungen
- Pilzen und Insekten
- chemischen Einflüssen: Säuren, Laugen, aggressiven Luftfremdstoffen
- mechanischen Beanspruchungen: Eigengewicht, Nutzlasten (Wanderer, evtl. Fahrzeuge), Schnee, Erddruck, fließendem Wasser etc.
- Abnutzung (Gehbelag)

Bezüglich Dauerhaftigkeit sind im allgemeinen die ersten beiden Faktoren ausschlaggebend. Chemische Einflüsse spielen bei Holzkonstruktionen im Wanderwegbau nur eine geringe Rolle und werden deshalb nicht weiter behandelt.

4.1 Wettereinwirkungen

Wettereinwirkungen lösen bei Holzbauteilen eine Reihe von Veränderungen aus. Augenfällig, aber harmlos ist die oberflächliche Verwitterung des Holzes, gekennzeichnet durch Verfärbung und Aufrauen der Oberfläche infolge stärkerem Abwittern des weichen Frühholzes.

Weiterreichende Folgen haben die wetterbedingten Befeuchtungs- und Trocknungsvorgänge, die aufgrund von Schwind- und Quellungsbewegungen Verformungen und Risse bewirken können. Intensive, stagnierende Durchfeuchtungen können bei ungünstigen Voraussetzungen zu einem Pilzbefall führen.

4.2 Pilz- und Insektenbefall

Insekten beeinträchtigen die Dauerhaftigkeit von Wanderwegbauten aus Holz nur in geringem Mass. Die grösste Befallswahrscheinlichkeit liegt bei frischgeschlagenem Holz, an dem Rinde und Bast noch nicht entfernt wurden.

Demgegenüber sind Wanderwegbauten aus Holz pilzgefährdet; der Befall durch holzerstörende Pilze ist die häufigste Ausfallursache solcher Bauten. Entsprechend wichtig ist es, die Gefährdungssituationen und wirksame Schutzmassnahmen zu kennen.

Die wichtigste *Voraussetzung für einen Pilzbefall* ist eine langandauernde Durchfeuchtung des Holzes mit Holzfeuchten oberhalb der Fasersättigung (höher als rund 30%). Die Befeuchtung des Holzes erfolgt üblicherweise durch Niederschläge, durch benachbarte nasse Bauteile, durch den Boden und allenfalls auch durch Oberflächenwasser (Gewässer). Die besten Wachstumsbedingungen für Pilze liegen zwischen 15°C und 35°C. Temperaturen unter dem Nullpunkt schaden den Pilzen nicht, auch wenn sie das Wachstum einstellen. Für den Stoffwechsel brauchen die Pilze Sauerstoff. Sie gedeihen deshalb nicht in wassergesättigtem Holz, d.h. in Holz, das unter Wasser lagert oder von sehr dichtem Material - z.B. Lehm - umgeben ist.

Die *Pilzinfektion* erfolgt aus der Umgebung: Pilzsporen befinden sich überall in der Luft und im Boden. Bläue- und Schimmelpilze sind harmlos, da sie das Holz nur verfärben, ohne seine Festigkeit zu beeinträchtigen. Die meisten Pilze, die Holz befallen, greifen jedoch die Holzsubstanz an und führen zu einer Schwächung und Zerstörung des Holzes. Je nach den Voraussetzungen (Feuchte, Temperatur) und der Widerstandsfähigkeit des Holzes geht der Abbau schnell bis äusserst langsam vor sich. Einige Merkmale eines Pilzbefalls sind in Kap. 9.3, Angaben zu möglichen Schutzmassnahmen in Kap. 5 zusammengestellt.

4.3 Mechanische Einwirkungen (Belastung)

Wie andere Konstruktionen sind auch Wanderwegbauten durch Krafteinwirkungen beansprucht oder gefährdet, insbesondere durch:

- a) Eigengewicht
- b) Nutzlasten:
 - Fussgänger, eventuell Radfahrer oder Pferde
 - eventuelle Pisten-, Spur- oder Schneeräumungsfahrzeuge
 - eventuelle weitere Fahrzeuge (Land- und Forstwirtschaft, Militär)
- c) Schneelasten
- d) Erddruck, Wasserdruck
- e) Winddruck
- f) Lawinen, Murgänge, Hochwasser

Den Einwirkungen a) bis e) wird durch geeignete Bemessung des Bauwerks begegnet. Weitere Angaben hierzu finden sich in Kap. 7. Die Kräfte aus den Einwirkungen f) sind häufig so gross, dass mit vernünftigem Aufwand keine genügende Widerstandsfähigkeit zu erreichen ist und das Risiko einer Zerstörung akzeptiert werden muss. Die bauliche Konzeption richtet sich dann nach der Wirtschaftlichkeit und den Möglichkeiten eines raschen und einfachen Ersatzes (vgl. Beispiel in Kap. 10.4.1).

5 DAUERHAFTIGKEIT DER BAUTEN

Um die Unterhaltskosten gering zu halten, müssen die Bauten möglichst dauerhaft sein. Dauerhaft bedeutet, dass sie ihre Funktionstüchtigkeit bei einem angemessenen Unterhaltsaufwand langfristig bewahren. Die Gewährleistung der Dauerhaftigkeit ist in erster Linie eine Aufgabe der *Konzeption und Planung*. Aber auch die sachgemäße Ausführung und die periodische Ueberwachung sowie der Unterhalt (vgl. Kap. 9) sind wichtig.

Sämtliche Materialien haben hinsichtlich der Dauerhaftigkeit ihre spezifischen Stärken und Schwächen (vgl. Kap. 3). Im Holzbau gehören Massnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit zur handwerklichen Tradition.

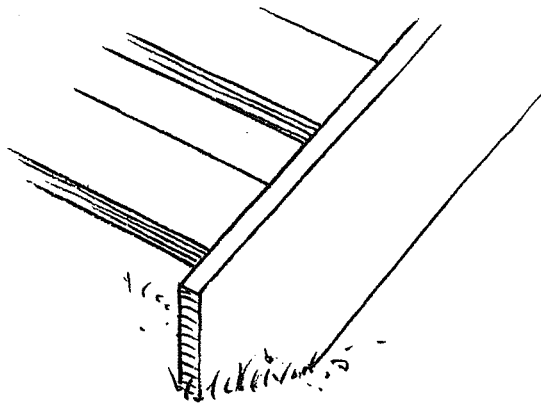
Für Wanderwegbauten - wie für andere Bauten - lassen sich die Massnahmen wie folgt aufgliedern (die Prioritäten entsprechen der angegebenen Reihenfolge):

1. gestalterische und konstruktive Massnahmen
2. Holzauswahl und Verarbeitung
3. chemischer Holzschutz
4. Oberflächenbehandlungen

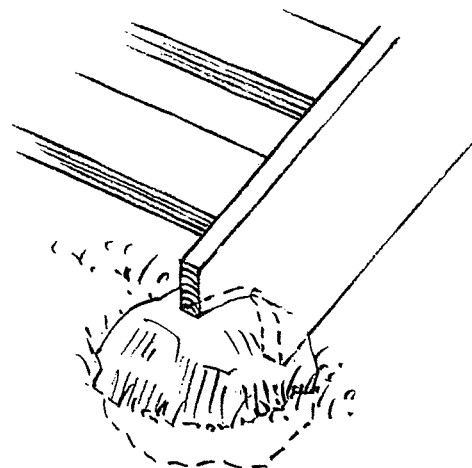
Die unterschiedlichen Wirkungen der verschiedenen Massnahmen werden nachfolgend aufgezeigt.

5.1 Gestalterische und konstruktive Massnahmen

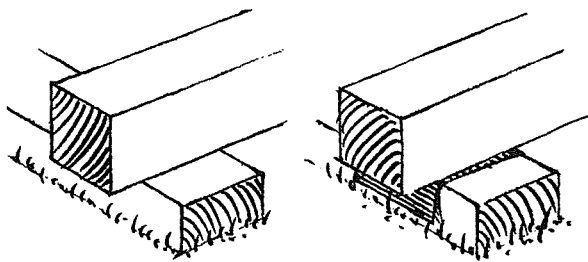
Mit diesen Massnahmen sollen ungünstige Einwirkungen - insbesondere langandauernde Befeuchtung - vermindert oder verhindert werden. Gestalterische Massnahmen betreffen meist das Gesamtkonzept des Bauwerks (Beispiele: gedeckte Brücken, Wahl eines wenig gefährdeten Standorts), während durch die konstruktiven Massnahmen besonders gefährdete Konstruktionsteile geschützt werden sollen (siehe Abb. 5.1 bis 5.6).



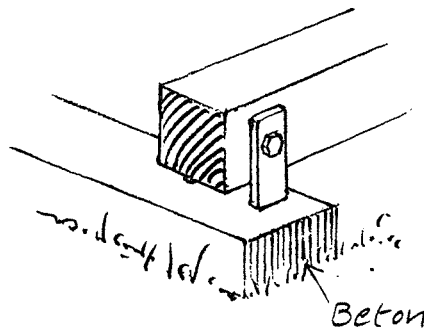
ungünstig



geeigneter

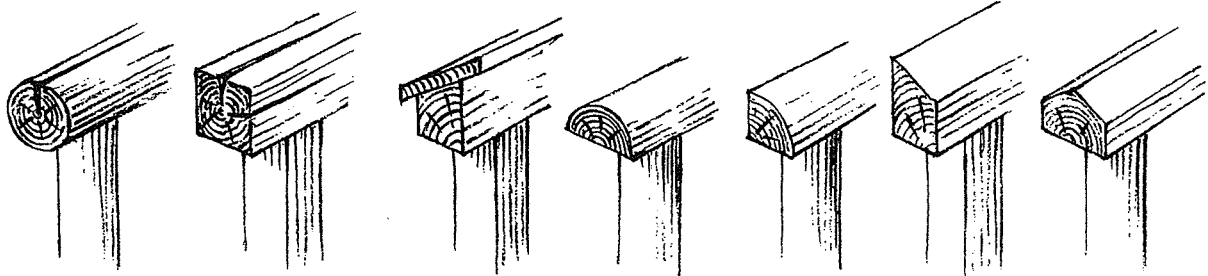


ungünstig



geeigneter

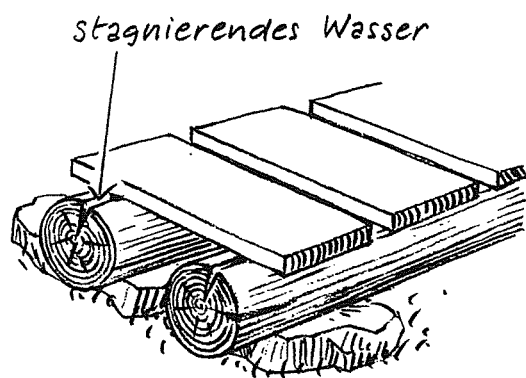
Abb. 5.1: Konstruktiver Holzschutz :
Abheben der Konstruktion beim Auflager



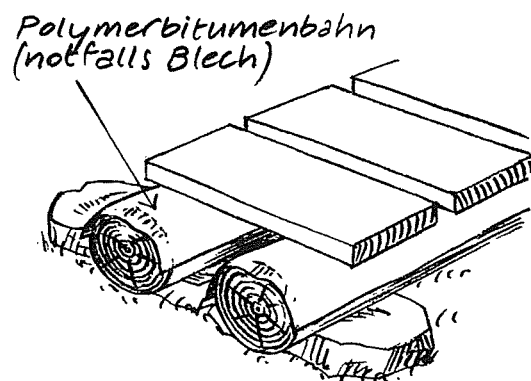
ungünstig

geeigneter

Abb. 5.2: Konstruktiver Holzschutz : Wahl des geeigneten
Holzquerschnitts bei Handläufen

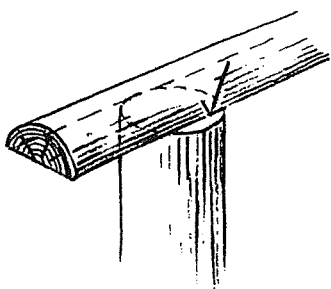


ungünstig

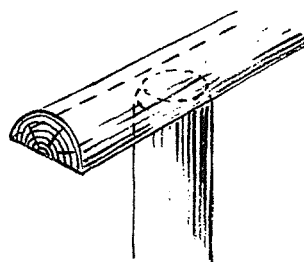


geeigneter

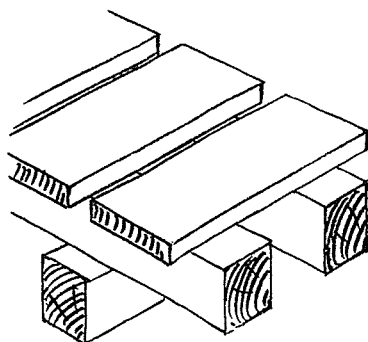
Abb. 5.3: Konstruktiver Holzschutz: Abdecken von horizontal liegenden Trägern bei einfachen Stegen und Brücken



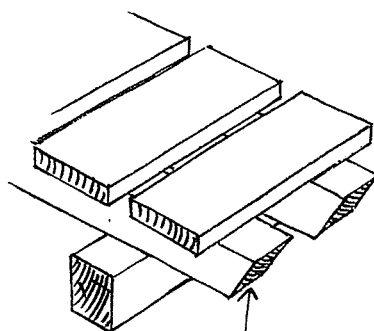
ungünstig



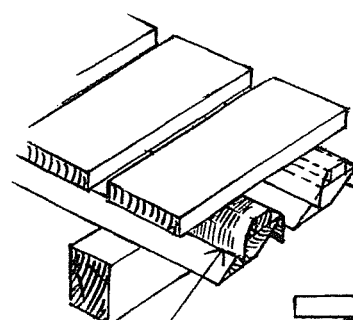
geeigneter



ungünstig



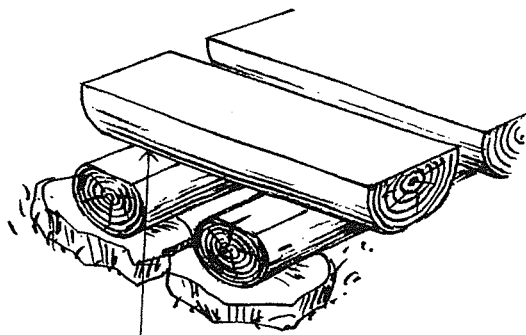
abschrägen



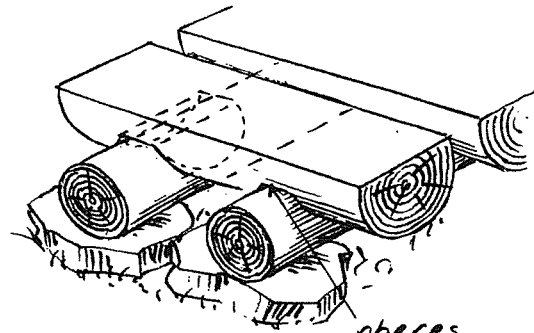
Polymer-bitumenbahn

geeigneter

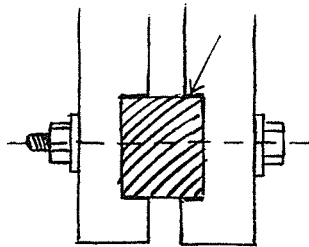
Abb. 5.4 : Konstruktiver Holzschutz: Abdecken von Stirnholz - Flächen und anderen gefährdeten Bauteilen



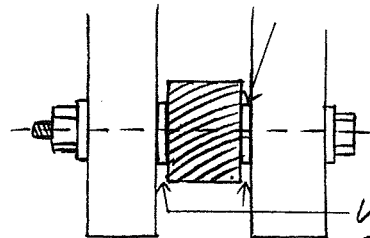
ungünstig



geeigneter
oberes
Rundholz
ausgeträst



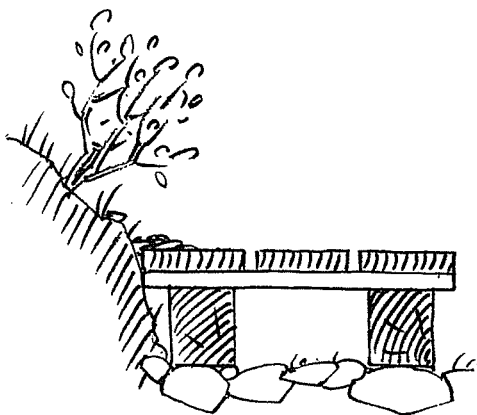
ungünstig



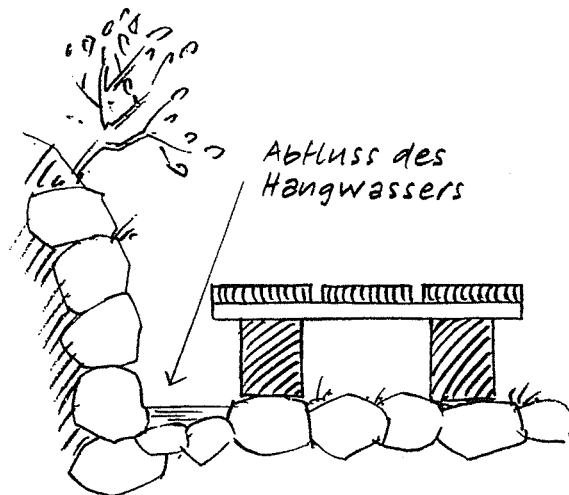
geeigneter

Unterlags-
scheiben

Abb. 5.5: Konstruktiver Holzschutz: Vermeiden von grösseren Kontaktflächen, wo das Wasser kapillar aufgenommen wird oder stagnieren kann, d.h. gut durchlüftete Konstruktionen sind zu bevorzugen



ungünstig



geeigneter

Abluss des
Hangwassers

Abb. 5.6: Konstruktiver Holzschutz: Freihalten der Auflager von Erde, Laub und Hangwasser

Als weitere Massnahmen des *konstruktiven Holzschutzes* sind zu erwähnen:

- Alle Arten von Drainagemassnahmen zur Ableitung von Hang- und Oberflächenwasser. Eine besonders wirksame Massnahme ist das Anheben von Brückenwiderlagern über das Niveau des benachbarten Geländes (vgl. Abb. 5.1).
- Massnahmen, die verhindern, dass sich ausgeschwemmte Erde, Laub etc. als Feuchteherde auf Holzbauteilen ansammeln.
- Anordnung der Konstruktion derart, dass die Bauteile gut kontrolliert und unterhalten werden können.
- Anordnung der Konstruktion derart, dass besonders die in ihrer Dauerhaftigkeit gefährdeten und dem Verschleiss unterworfenen Bauteile möglichst leicht ausgewechselt werden können.
- Konstruktionsarten mit heiklen Details vermeiden (z.B. Knotenpunkte von Fachwerkträgern).

5.2 Holzauswahl und Verarbeitung

Holzschutz-Massnahmen bei der Holzauswahl und Verarbeitung kommen vor allem in *A-Bauten* in Frage, da die notwendigen technischen Voraussetzungen für B-Bauten im allgemeinen nicht erfüllt sind. Entsprechende Massnahmen sind insbesondere:

- Einsatz von widerstandsfähigen Holzarten, besonders für gefährdete Bauteile (vgl. Kap. 3.2)
- Entfernen des Splintholzes bei Kernholzarten mit schmalem Splint (unter Umständen kann auch der frühzeitige Verlust des Splints (Abfaulen) konstruktiv berücksichtigt werden)
- Wahl von gesundem Holz ohne Schädigungen und vor allem ohne Pilz- und Insektenbefall
- Verwenden von imprägniertem Holz (vgl. Kap. 5.3)
- Verwenden von Holzbauteilen, die wenig zu Rissbildung neigen:
 - Halb- und Viertelhölzer (anstelle von Rundhölzern)
 - markfreie oder mindestens markdurchschnittene Querschnitte
 - kleinformatige, brettartige Querschnitte
 - Holz, das bereits vorgetrocknet ist
 - Brettschichtholz
 - Rundholz mit radialer Entlastungsnut

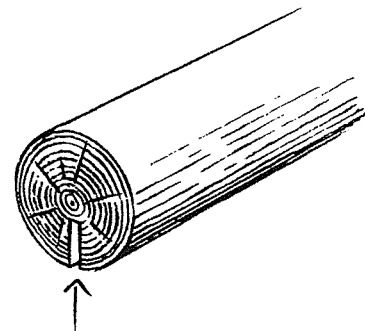


Abb. 5.7: Rundholz mit Entlastungsnut

- Schwind- und quellbedingte Zwängspannungen vermeiden, indem der notwendige Bewegungsspielraum vorgesehen wird
- Verbindungen so ausführen, dass sie nachgespannt werden können
- Bretter mit Markseite nach oben bzw. nach aussen einbauen

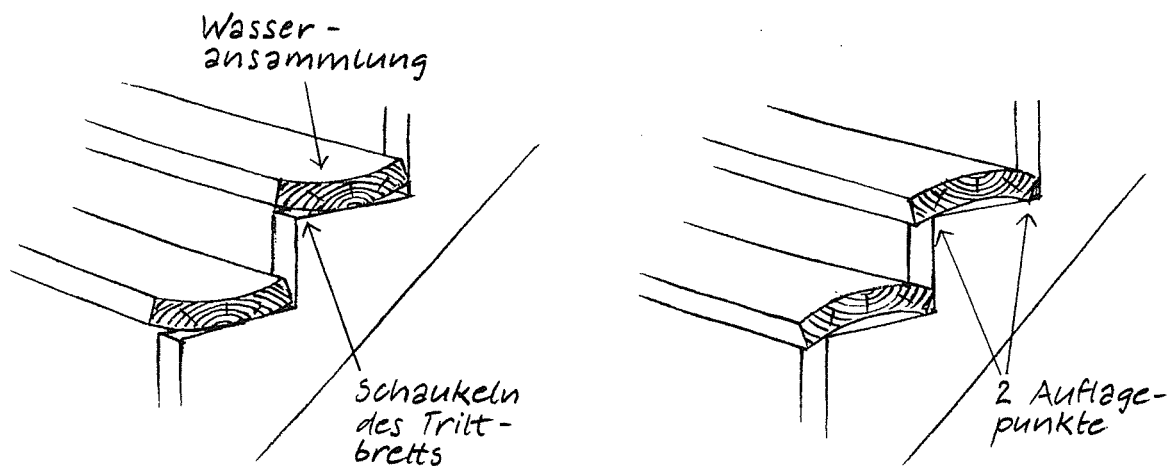


Abb. 5.8 : Einbauweise von Brettern

Immer wieder zu Diskussionen Anlass gibt die Frage, ob Rundholz mit oder ohne Rinde verwendet werden soll. Für einen *Einbau mit Rinde* sprechen folgende Argumente:

- Zum Begehen sind berindete Oberflächen griffiger.
- Die Rinde vermindert beim Holz die rasche Austrocknung und reduziert damit die Rissbildung.
- Die Rinde ist pilzresistenter als das darunterliegende Holz und schützt es damit vor dem Zutritt von Pilzsporen.

Für ein *Entfernen von Rinde und Bast* sprechen:

- Holz mit Rinde und Bast kann durch Frischholzinsekten befallen werden.
- Die Rinde löst sich an feuchten Standorten und bei mechanischer Beanspruchung ohnehin verhältnismässig rasch. Losgelöste Rinde kann wegen ihrer vermeintlichen Griffigkeit zu Unfällen führen.
- Pilzinfektionen können beim Holz in Rinde auch frühzeitig von Schnitt- und Bearbeitungsstellen her erfolgen.

Die Argumente sind je nach Standort zu gewichten.

Stockausschläge von Kastanie und Robinie ergäben auch bei kleineren Querschnitten ein gutes Rohmaterial für Wanderwegbauten. Es ist aber zu beachten, dass diese kleinen Querschnitte oft nur wenig oder kein Kernholz enthalten und damit - wenn sie nicht imprägniert sind - eine besonders geringe Dauerhaftigkeit aufweisen.

5.3 Chemischer Holzschutz

Auch beim optimalen Ausschöpfen des gestalterischen und konstruktiven Schutzes des Holzes sowie der verarbeitungstechnischen Möglichkeiten lässt sich bei vielen im Wanderwegbau üblichen Konstruktionen nur eine beschränkte Lebensdauer erzielen. Ausserdem scheitert der Einsatz von widerstandsfähigen Holzarten (Eiche, Kastanie, Robinie, Nussbaum oder gar tropischen Holzarten) am Preis oder an der Verfügbarkeit. Unter diesen Umständen ist ein chemischer Holzschutz in Erwägung zu ziehen, der aber auf keinen Fall eine bloss Alternative zu anderen Schutzmassnahmen sein sollte.

Chemische Schutzbehandlungen von befriedigender Wirksamkeit lassen sich nur mit *grosstechnischen Verfahren* der Druckimprägnierung erzielen. Es empfiehlt sich, Produkte mit Lignum-Gütezeichen zu verwenden [6].

Für Holzimprägnierungen sind in der Schweiz drei Arten von *Schutzmitteln* gebräuchlich:

- Wässrige Schutzsalzlösungen auf der Basis von CFK (Chrom, Fluor, Kupfer)- und von CKB (Chrom, Kupfer, Bor)-Verbindungen. Diese Salze verfärben das Holz grünlich, falls nicht zusätzlich dunkelfarbige Pigmente beigegeben werden. Die Schutzsalze werden seit vielen Jahrzehnten mit Erfolg zum Schutz von PTT- und EW-Stangen verwendet.
- Sehr wirksam ist auch Steinkohlenteeröl, mit dem heute vor allem Eisenbahnschwellen imprägniert werden. Die eher beschränkte Anwendung ist vor allem auf hygienische Gesichtspunkte und die oft unerwünschten Geruchsimmissionen zurückzuführen.
- Nur für Spezialanwendungen üblich sind ölige Holzschutzimprägnierungen, bei denen die Wirkstoffe mit Lösungsmitteln eingebracht werden.

Die *Schutzmittelaufnahme* hängt unter anderem von der Holzart ab, wobei im allgemeinen der Splint wesentlich besser zu imprägnieren ist als der Kern. Besonders schlecht zu imprägnieren ist der Kern der Kernholzarten, aber auch Fichte (Rottanne), das gängigste Bauholz. Von mittlerer Durchlässigkeit und Imprägnierbarkeit ist Weisstannenholz. Gut zu imprägnieren sind Buchenholz und der Splint der Kernholzarten. Eine Imprägnierung ist demnach umso besser, je mehr Splintholz der Bauteilquerschnitt aufweist, vor allem bei Rundholz. Allerdings reisst dieses beim Trocknen sehr stark auf, wobei die Risse tiefer als der (gut imprägnierte) Splint gehen. Die Rissbildung kann wesentlich vermindert und die Imprägnierung verbessert werden, wenn das Rundholz mit einem radialen Sägeschnitt bis in die Nähe des Marks versehen wird (Entlastungsnut).

Für eine *optimale Behandlung* werden die Bauteile erst nach der vollständigen Bearbeitung (mit sämtlichen Schnitten und Löchern) imprägniert. Im Fall von nachträglichen Bearbeitungen sind die Schnittstellen mit Schutzmitteln nachzubehandeln, wobei die Schutzwirkung solcher Oberflächenbehandlungen weit geringer ist.

Die Pilz- (und Insekten-) Schutzwirkung der Imprägniermittel beruht auf Wirkstoffen, die auch für andere Lebewesen nicht harmlos sind. Die Verarbeitung von Holzschutzmitteln erfordert spezielle Vorkehrungen; die Imprägnierung ist deshalb Sache des Fachmannes. Das fertige Produkt ist jedoch ohne Gefahr zu handhaben. Bei der Bearbeitung muss darauf geachtet werden, dass kein Staub von imprägnierten Hölzern auf die Schleimhäute gelangt. Chemisch behandeltes Holz darf nur in geeigneten Kehrlichtverbrennungsanlagen verbrannt werden.

Eine wichtige Bedingung für eine gefahrlose Handhabung ist die Beachtung einer genügenden Fixierzeit der Schutzsalze, während der die Salze am Holz fixiert werden und - chemisch bedingt -

den grössten Teil ihrer Giftigkeit verlieren. Hohe Temperaturen beschleunigen die Fixierung, die je nach Lagertemperatur 3 bis 8 Wochen dauert. Nach der Fixierung sind die Schutzsalze nur noch in unbedeutenden Mengen auswaschbar. Bei Fliessgewässern und den im Wanderwegbau vereinzelt und lokalen Anwendungen fallen die Wirkstoffabgaben an die Umwelt nicht ins Gewicht. Es ist noch ungeklärt, ob die Verwendung von imprägnierten Hölzern für stehende Gewässer in Naturschutzgebieten eine unzulässige Belastung darstellt. Für solche vereinzelt Anwendungen können jedoch auch teurere Lösungen gewählt werden.

Detailliertere Angaben zur Imprägnierung finden sich in [7].

5.4 Oberflächenbehandlungen

Oberflächenbehandlungen (Anstriche) haben drei Aufgaben:

- Farbgebung
- Schutz der Oberfläche vor Verwitterung
- Verminderung der Feuchteaufnahme und -abgabe

Für Wanderwegbauten ist letztere die wichtigste Funktion. Oberflächenbehandlungen sind nur auf A-Bauten anzuwenden, d.h. bei Holz, das bei seinem Einbau bereits mehr oder weniger trocken ist. In diesem Falle soll die Oberflächenbehandlung eine Befeuchtung vermindern. Mit einer Oberflächenbehandlung kann auch eine rasche Austrocknung vermieden werden, die - z.B. bei intensiver Sonnenbestrahlung - zu einer starken Rissbildung führt.

Für die notwendige *dampfbremsende Wirkung* muss der Anstrich eine Mindestdicke von ca. 0.05 mm haben. In der Schweiz ist folgendes Anstrichsystem geläufig, welches als *Dickschicht-Lasur* bezeichnet wird, meist aus Alkydharzen aufgebaut ist und die Holzstruktur durchschimmern lässt:

- Grundierung (eventuell mit Pilzschutz- und wasserabweisenden Mitteln)
- kräftig pigmentierter Zwischenanstrich (UV-Schutz)
- dicker Deckanstrich, der zusammen mit den ersten beiden Anstrichen einen deutlichen Film bildet.

Die drei Anstriche müssen aufeinander abgestimmt sein; verschiedene Hersteller bieten deshalb ganze 'Anstrich-Systeme' an. Noch wirksamer als diese Systeme sind - nicht zuletzt aufgrund der grösseren Schichtdicke - deckend pigmentierte Lacke. Die Holzstruktur ist bei so behandelten Hölzern allerdings nicht mehr sichtbar.

Der Einsatz von Oberflächenbehandlungen ist nur sinnvoll, wenn Gewähr vorhanden ist, dass sie instand gehalten und periodisch erneuert werden.

Verbindungen gehören zu den schadenanfälligen Stellen im Holzbau. Ihre Bedeutung für das Gesamttragverhalten, vor allem aber für die Dauerhaftigkeit des Bauwerks, werden vielfach unterschätzt. Häufig müssen ganze Bauwerke frühzeitig ersetzt oder unter grossem Aufwand ausgebessert werden, weil einzelne Verbindungen ausfallen oder nur noch eine ungenügende Tragfähigkeit aufweisen. Meistens sind es vermorschte Bereiche in den anliegenden Holzbauteilen, seltener verrostete oder ungenügend dimensionierte Verbindungsmittel, die zum Ausfall führen (siehe Abb. 6.1).

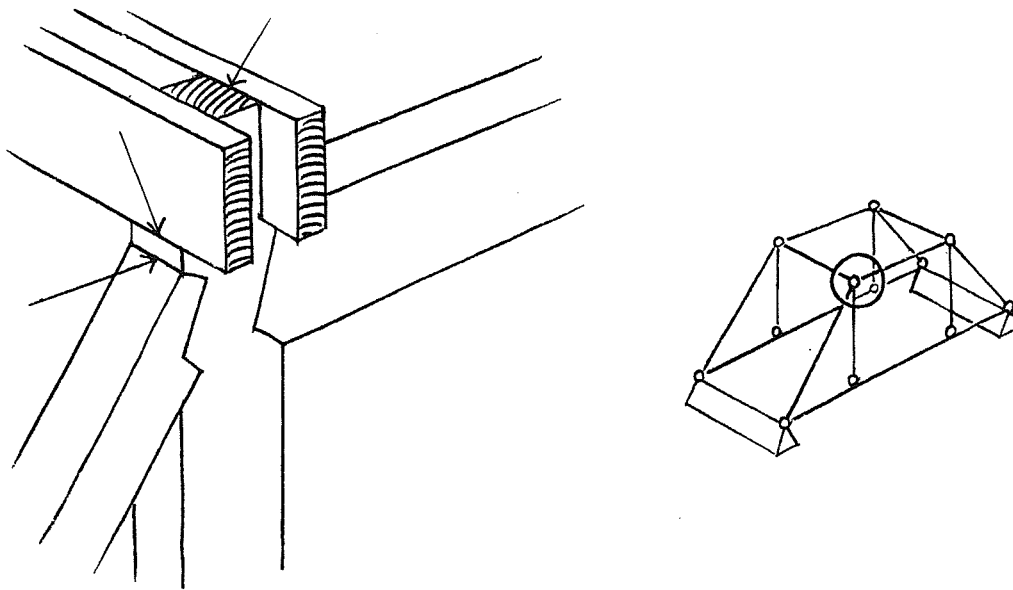


Abb. 6.1 : Typische zimmermannsmässige Druckverbindungen bei einem Hängewerk. Solche Verbindungen sind aus Holzschutzgründen für den Wandwegbau eher ungeeignet, da an verschiedenen Stellen Wasser eindringen und stagnieren kann (in der Abb. durch Pfeile gekennzeichnet)

Im Holzbau wird grundsätzlich unterschieden zwischen:

- zimmermannsmässigen Verbindungen
- Verbindungen des Ingenieurholzbaus

Zur ersten Gruppe gehören die *traditionellen Verbindungen*, die mit einfachen Werkzeugen (Säge, Stemmeisen, Bohrer, Hammer, Axt) hergestellt werden können. Sie sind vorwiegend für die Übertragung von Druckkräften geeignet. Bei vielen Verbindungen werden die Hölzer im Anschlussbereich geschwächt. Bei wettergeschützten Bauteilen sind auch heute noch zimmermannsmässige Verbindungen wie z.B. Zapfen, Ueberblattungen und Versätze weit verbreitet.

Verbindungen des Ingenieurholzbaus setzen eine höhere Mechanisierung der Zimmerei voraus. Die Verbindungsmittel (Passbolzen, Nagelplatten, Ringdübel usw.) werden meistens aus Stahl hergestellt und sind sehr leistungsfähig. Auch geleimte Verbindungen gehören zum Ingenieurholzbau. Während für ingenieurmässige Verbindungsmittel statische Berechnungen in der Regel unerlässlich sind, ist eine rechnerische Dimensionierung bei zimmermannsmässigen Verbindungen nur beschränkt erforderlich. Als Hilfsmittel stehen dem Ingenieur und Zimmermann Tabellen zur Verfügung, wie z.B. die *Holzbau-Tabellen I und II der Lignum* [8], die auf der Norm SIA 164 (1981) basieren.

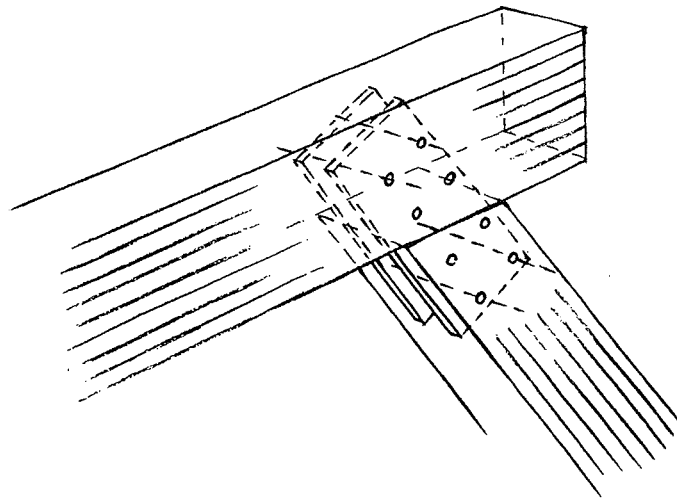


Abb. 6.2 : Typische Verbindung des Ingenieurholzbaus mit vorge-schlitzten Brettschichtholzträgern und Knotenplatten. Solche Verbindungen sind anspruchsvoll und erfordern eine rechnerische Dimensionierung

Für die Typ-B-Bauten kommen Verbindungen des Ingenieur- und des Zimmermann-Holzbaus nur selten in Frage. Üblicherweise steht nur eine *beschränkte Auswahl* von Hilfsmitteln zur Verfügung, wie z.B. Klammern, Nägel, Bauschrauben, Einpressdübel, Drähte sowie unter Umständen Drahtseile. Damit lassen sich Verbindungen herstellen, die auch unter dem Gesichtspunkt des konstruktiven Holzschutzes einigermaßen akzeptabel sind.

Nachfolgend werden häufig gebrauchte Verbindungsmittel und ihr Einsatzgebiet dargestellt. Es empfiehlt sich, pro Verbindung nur eine Art von Verbindungsmittel einzusetzen. Die verschiedenen Verbindungsmittelarten verformen sich nämlich unterschiedlich, so dass die beabsichtigte gemeinsame Tragwirkung nicht sichergestellt ist.

6.1 Nägel

Nagelverbindungen weisen eine Reihe von *Vorteilen* auf, die besonders bei schlecht zugänglichen Baustellen von Bedeutung sind:

- Nagelverbindungen können mit geringen handwerklichen Fähigkeiten und einfachen Werkzeugen auf der Baustelle - oder rationeller in der Werkstatt - mit der Nagelpistole erstellt werden.
- Die Tragkraft von Nägeln ist praktisch unabhängig von der Faserrichtung des Holzes.
- Nägel erlauben wirtschaftliche Verbindungen. Bei gleichem Stahlgewicht übernehmen sie beispielsweise ein Vielfaches der Traglast von Bolzen.
- Die Tragfähigkeit von Nägeln ist auch in feuchtem Holz gewährleistet.

Bei den ungeschützten Bauteilen im Wanderwegbau sind jedoch auch einige *Nachteile* zu beachten:

- Zusammengenagelte Holzbauteile können auf der einander zugekehrten Seite schlecht austrocknen. Unbehandelte Hölzer sind deshalb anfällig auf Vermorschung. Nicht oder schlecht verzinkte Nägel sind an dieser Stelle besonders der Korrosion ausgesetzt. Dicke Nägel rosten weniger rasch durch als dünne, die deshalb für Wanderwegbauten weniger geeignet sind.
- Beim Einschlagen kann die schützende Zinkschicht beim Nagelkopf verletzt werden, was zu frühzeitigem Rosten führen kann.

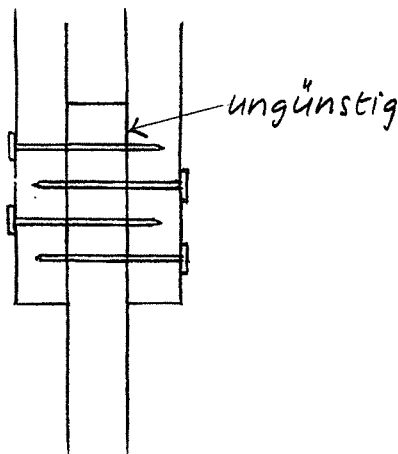
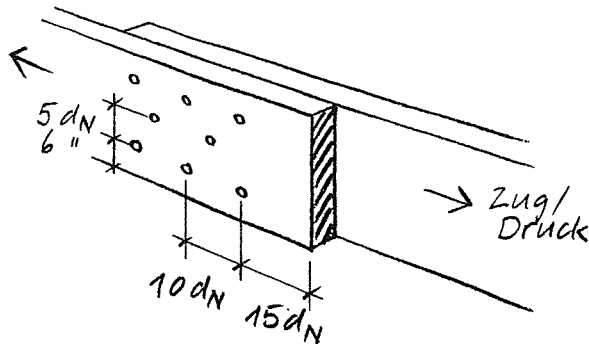
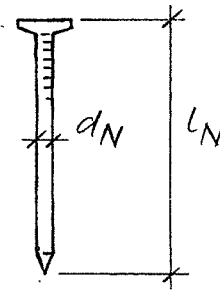


Abb. 6.3 : Genagelte Verbindung . Die dicht anliegenden Verbindungshölzer können bei eingedrungenem Regenwasser schlecht austrocknen . Solche Verbindungen sind deshalb bei hoher Feuchtebelastung nur mit druckimprägniertem Holz zu empfehlen

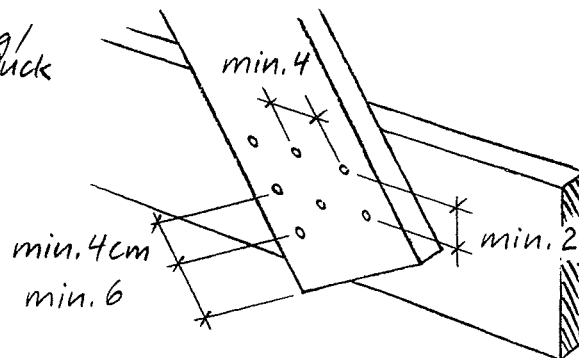
Abb. 6.4 gibt eine Uebersicht über die zulässige Traglast von gebräuchlichen Nägeln sowie Hinweise zur richtigen Anwendung. Die nachfolgend angegebenen Richtwerte entsprechen ungefähr den Normwerten nach SIA 164 (1981).

- ① Abstand Nagel/Nagel → quer zur Faser $5 \cdot d_N$
 → längs " " $10 \cdot d_N$

Abstand Nagel/Rand → quer zur Faser $6 \cdot d_N$
 → längs " " $15 \cdot d_N$



Beispiel:
Nägel 4,0/100



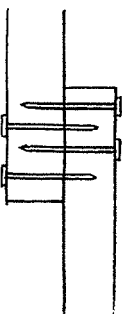
- ② Holzdicke $\min. l_N / 3$
 z.B. Nägel 4,0/100 (d_N / l_N) → Holzdicke $\min. 100 / 3 \approx 30 \text{ mm}$

- ③ Zulässige Belastung pro Schnitt → ca. $l_N / 2$ (kg)

Beispiel: Nagel 4,0/100
 → $P_{zul} \approx 100 / 2 = 50 \text{ kg}$

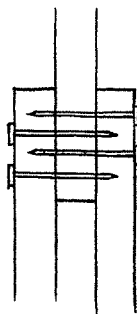
- ④ Nägel im Hirnholz haben eine sehr geringe Tragfähigkeit!

Verbindung einschnittig



4 Nägel 4,0/100
 → $4 \cdot 50 = 200 \text{ kg}$

Verbindung zweischnittig



4 Nägel 4,0/100
 → $4 \cdot 2 \cdot 50 = 400 \text{ kg}$

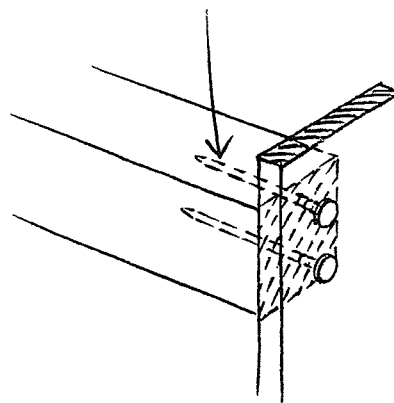
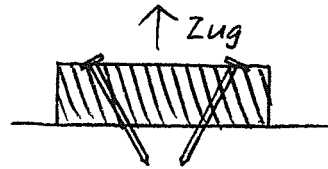
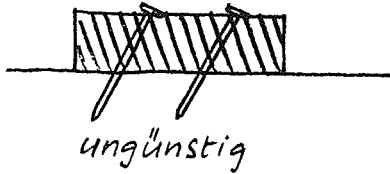


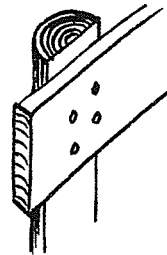
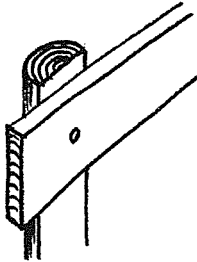
Abb. 6.4 2 : Richtig Nageln

⑤



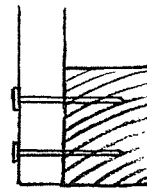
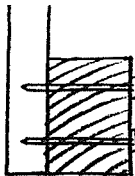
⑥

"Ein Nagel ist kein Nagel"
→ mind. 2, besser 4 Nägel pro Verbindung!



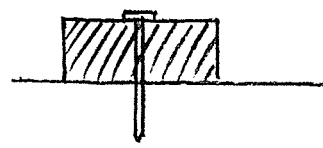
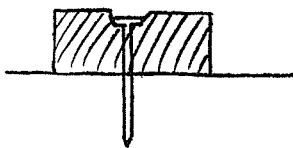
⑦

Dünnes an dickes Holz nageln!



⑧

Nägel nicht zu stark einschlagen!
(Oberfläche des Holzes wird verletzt, Tragwirkung nimmt ab)



⑨

Nägel nur kurzfristig auf Zug belasten.
→ bei Zugbeanspruchung Schrauben od. Rillennägel verwenden



⑩

Spalten des Holzes kann durch Vorbohren, Flachschlagen oder Abklemmen der Nagelspitze vermindert werden

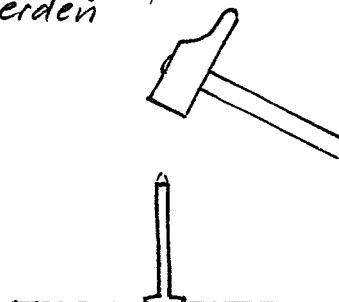


Abb. 6.4 b : Richtig Nageln

Das Einsatzgebiet von Nägeln hat sich mit dem Aufkommen von Nagelplatten besonders im Ingenieurholzbau stark erweitert. Für bewitterte Nagelplatten gelten dieselben Einschränkungen hinsichtlich Holz- bzw. Korrosionsschutz wie für übliche Nagelverbindungen. Von der Verwendung von Stahlbändern und dünnen Nagelblechen (Dicken bis 1.5 mm) als tragende Verbindungsmittel ist abzuraten, da sie empfindlich auf Beschädigungen und Korrosion sind.

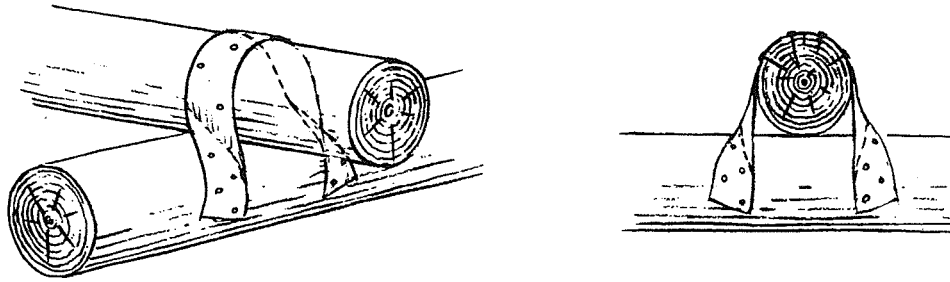
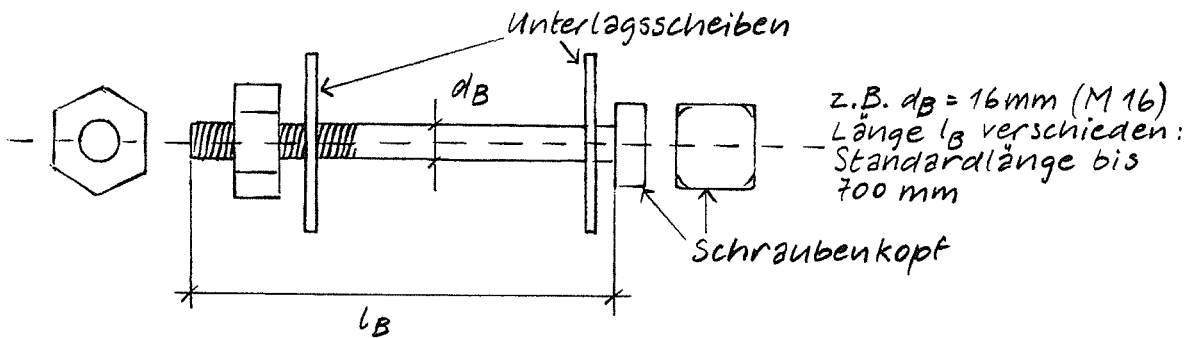


Abb. 6.5 : Beispiel einer Rundholzverbindung mit Blechver-
binder

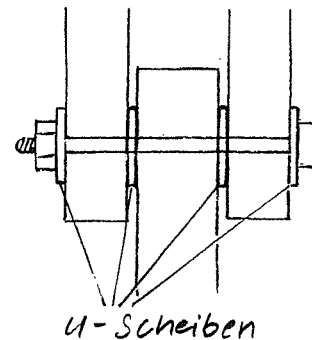
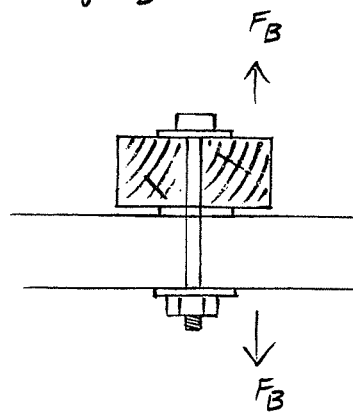
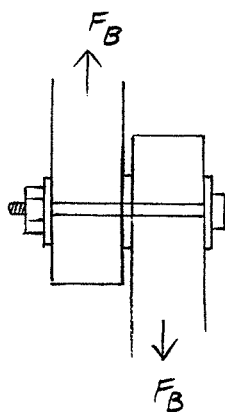
6.2 Bauschrauben

Verbindungen mit Bauschrauben weisen eine geringe Steifigkeit auf. Es ist deshalb mit einer gewissen Verformung zu rechnen, bevor die volle Kraftübertragung einsetzt. Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass für solche Verbindungen Bohrer und Werkzeuge für das Anziehen der Schrauben benötigt werden. Sämtliche Schrauben müssen nachziehbar sein, vor allem, wo mit stärkeren Schwindbewegungen der Hölzer gerechnet werden muss.



Beanspruchung F_B

Holzschutz beachten!



Abscheren

Zug in Schaftrichtung

Zulässige Beanspruchung F_B

Typ	F_B (Abscheren und Zug)	Unterlagsscheibe
M 12	1,3 kN (130 kg)	ϕ 45 mm
M 16	2,4 " (240 ")	ϕ 58 "
M 20	3,8 " (380 ")	ϕ 79 "

- Bauschrauben müssen nachziehbar sein!
- Bauschrauben immer mit Unterlagsscheiben!

Abb. 6.6: Anwendung von Bauschrauben

6.3 Klammern

Bau-, Gerüst- und Winkelklammern dürfen nach der Norm SIA 164 nur zu Hilfs- bzw. Haftzwecken verwendet werden. Ihre Tragfähigkeit ist unzuverlässig, da die Hölzer bei vollständig eingeschlagenen Klammern verletzt werden und leicht aufspalten. Bei der Verwendung von Rundhölzern sind Klammern jedoch einfache und beliebte Hilfsmittel, um die Hölzer zusammenzuhalten (s. Rundholzbrücke, Holzkasten; siehe Kap. 10 und 12).

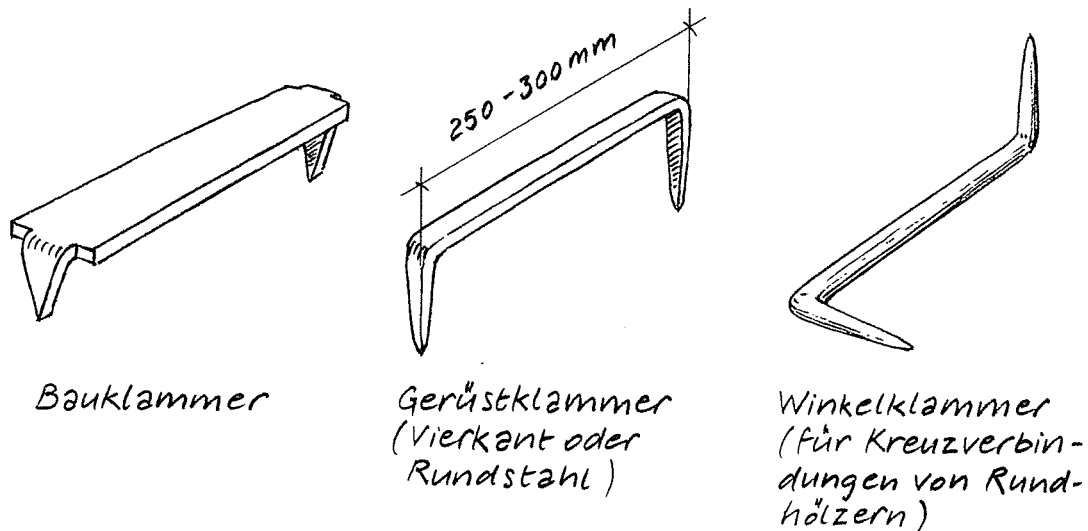


Abb. 6.7: Klammern

6.4 Leime

Der Anwendungsbereich von Leimen beschränkt sich im Wanderwegbau fast ausschliesslich auf mit Resorcin/Phenolharz verleimtes Brettschichtholz. Mit Vorteil ist Brettschichtholz aus Weisstannenlamellen zu verwenden, die vor der Verleimung druckimprägniert wurden.

Die meisten Bauwerke im Wanderwegbau, von der Hangsicherung bis zur einfachen Brücke, werden keiner ingenieurmässigen Bemessung unterzogen. Für einige einfache und typische Bauten sind in den Kapiteln 10 und 11 Hinweise zu finden, die eine grobe Dimensionierung bzw. Querschnittswahl ohne Berechnung erlauben. Dort, wo eine ingenieurmässige Bemessung erfolgt, hat sie grundsätzlich von den *SIA-Normen*, insbesondere von SIA 160 (Beanspruchung von Bauwerken) [9] und SIA 164 (Holzbau), auszugehen, auch wenn die folgenden, ergänzenden Aspekte berücksichtigt werden müssen, die den spezifischen Umständen des Wanderwegbaues Rechnung tragen.

Belastung und Bemessung stehen im Wanderwegbau oft in einem anderen Verhältnis, als dies im SIA-Normenwerk vorausgesetzt wird. Die *Sicherheit des Wanderers* wird wegen eines durch Schneedruck zerstörten Steges oder einer durch Rutsche erschwerten Hangquerung direkt kaum beeinträchtigt. Andere Situationen schliessen demgegenüber das Risiko einer Körperverletzung mit ein. In solchen Fällen sind die Risiken im Einzelfall abzuschätzen und entsprechende Sicherheitsmassnahmen zu ergreifen. Für ein solches Vorgehen spricht neben der notwendigen Minimierung der Kosten auch die bisherige Praxis im Wanderwegbau; Wanderwege gelten bekanntlich nicht als besonders unsicher.

Für Wander- und Bergwege sind die Nutzlastangaben für Fussgängerbrücken gemäss SIA 160 ($4 \text{ kN/m}^2 + 10 \text{ kN}$ Einzellast) in der Regel zu hoch. Für Brücken ab 4 m Spannweite kann mit reduzierten Lasten von 1 kN/m (100 kg/m) für 'einspurige' (Breite bis 0.8 m) bzw. 2 kN/m (200 kg/m) für 'zweispurige' Brücken (Breite 0.8 m bis 1.5 m) gerechnet werden. Für Brücken mit einer Spannweite unter 4 m Länge ist mit einem Stossfaktor zu rechnen, der bei Spannweiten zwischen 4 m und 1 m von 1.0 auf 2.5 linear zunimmt.

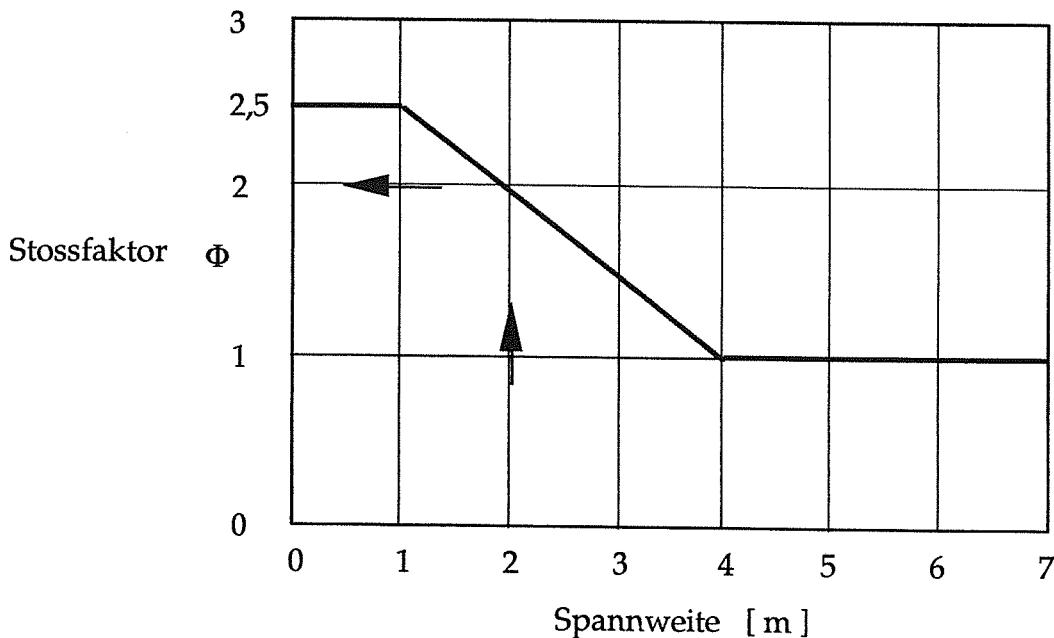


Abb. 7.1: Stossfaktor bei Brücken. Beispiel: Stossfaktor 2 bei einer Spannweite von 2 m

Eine kombinierte Beanspruchung Nutzlast/Schnee ist im allgemeinen nicht sinnvoll für Wanderwege und Pfade. Normalerweise ist die *Schneelast* nach SIA 160 ohnehin wesentlich grösser als die Nutzlast. Bei einfachen, seitlich offenen Brücken, bei denen der Schnee seitlich abbrechen oder abrutschen kann, ist eine obere Grenze der Schneelast von 3 kN/m^2 entsprechend einer Schneehöhe von rund 1 m angebracht.

Für Gehflächen aus Brettern mit kurzer Spannweite l (l kleiner als 1 m) gelten folgende *dynamischen Auftrittslasten* Q_n , wobei mit einer Personenlast von 1 kN gerechnet wird:

- für mehr oder weniger ebene Flächen mit Brettern quer zur Bewegungsrichtung (Brücken und Stege):
→ $Q_n = 2.5 \text{ kN}$ (Stossfaktor $2.5 \times 1 \text{ kN}$ Einzellast)
- für Trittbretter bei Treppen:
→ $Q_n = 4 \text{ kN}$ (Stossfaktor $4 \times 1 \text{ kN}$ Einzellast)

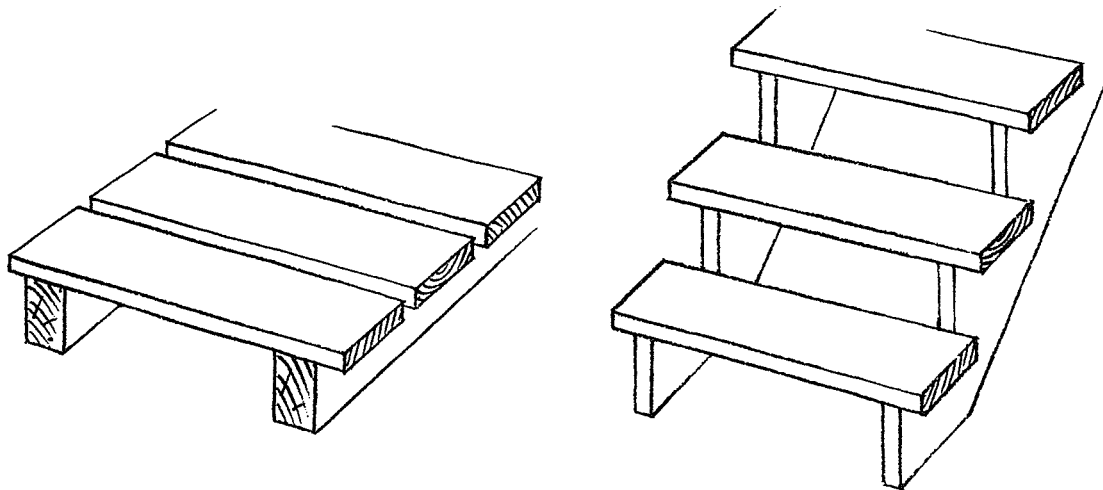


Abb. 7.2: Ebene Gehfläche bzw. Stufenbretter

Die horizontale Belastung q_n auf *Handläufe von Geländern* von 0.8 kN/m' gemäss SIA ist angemessen für Spazierwege. Für den Bereich der Wanderwege und Pfade empfiehlt sich an wenig ausgesetzten Stellen eine Reduktion auf 0.4 kN/m' .

Bei der Bemessung sind gemäss Norm SIA 164 folgende Beiwerte zu berücksichtigen:

Lastdauerbeiwert c_D	$c_D = 1.0$	für Schneelast
	$c_D = 1.25$	für Nutzlast bei Längsträgern
	$c_D = 1.4$	für Nutzlast bei Querträgern und Gehbelag
Feuchtebeiwert c_W	$c_W = 0.6$	für Bauteile in Wasser und im Boden
	$c_W = 0.8$	für übrige Bauteile

Die Komfortansprüche an den Wanderwegbau sind im allgemeinen gering. Die Frage der *Gebrauchstauglichkeit* reduziert sich damit zumeist auf die Trittsicherheit. Durchbiegungen unter Last, Steifigkeit und Schwingungsanfälligkeit spielen nur sehr beschränkt eine Rolle (Brücken von Spazierwegen, Brücken mit grossen Spannweiten, Hängebrücken etc.).

Angaben über Erd- und Wasserdruck können der Publikation [10] entnommen werden.

Die Frage, bei welchen Bauten ein Ingenieur beizuziehen sei, ist nur schwer zu beantworten. Als Fingerzeig für den *Einsatz eines Ingenieurs* können folgende Merkmale gelten:

- Grössere, komplizierte und umfangreiche Bauten wie Stützbauten, integrale Hangsicherungen, Fussgängerbrücken je nach Gefahrensituation ab Spannweite 10 bis 15 m, Brücken mit kombinierter Nutzung (z.B. Fussgänger/landwirtschaftliche Fahrzeuge)
- Bauten mit grossem Gefahrenrisiko (z.B. Brücke über tiefe Schlucht)
- Bauten, welche genaue Geländeaufnahmen bedingen
- wiederholt verwendbare Normbauten und -bauteile, die weitgehende Planung und Optimierung voraussetzen
- Bauten mit einem hohen Koordinations- und/oder Maschinenaufwand

8 AUSFÜHRUNG

8.1. Vorarbeiten

Im Zusammenhang mit der Auftragserteilung ist eine *Begehung* des Projektortes mit den Verantwortlichen zweckmässig. Neben den örtlichen Voraussetzungen ist folgendes zu berücksichtigen:

- Zwischen Auftragserteilung und Arbeitsbeginn ist genügend Zeitraum für Vorbereitung und Materialbestellung einzuplanen. Für druckimprägniertes Holz ist z.B. mit Beschaffungszeiten von etwa zwei Monaten zu rechnen, falls nicht normierte Hölzer aus Lagerbeständen verwendet werden können.
- Es ist sinnvoll, die Verantwortlichkeiten (auch innerhalb der ausführenden Arbeitsgruppe) sowie das Vorgehen bei sich abzeichnenden Mehraufwendungen klar zu regeln.
- Eine Gliederung in zeitliche und räumliche Arbeitsabschnitte (einzelne Wegstücke, Kunstbauten, Rodungen, Erdarbeiten, Entwässerungen etc.) und deren Koordination fördern die Ausführungsqualität und reduzieren die Kosten.
- Material- und Personaltransporte sind im voraus festzulegen und zu koordinieren (Helikopter, evtl. Werkseilbahnen etc.).
- Schlechtwetterentschädigungen bzw. Ersatzarbeiten sind vorgängig festzulegen.
- Die Vorschriften der SUVA bezüglich Sicherheitsvorkehrungen sind zu beachten. Beispielsweise bieten provisorische Auffangnetze einen guten Schutz vor Steinschlag infolge Bauarbeiten. Gleichzeitig wird die Sicherheit der Wegebauer verbessert.

8.2 Werkzeuge, Geräte und Transportmittel

Für die Erstellung von einfachen Holzbauwerken (v.a. Typ B-Bauten) genügen im allgemeinen folgende Werkzeuge (*Grundausrüstung*):

- Kettensäge und Zubehör (inkl. Treibstoff)
- Axt/Beil, evtl. Gertel
- Zappi
- Schaufel und Pickel
- Messband
- Spaltkeile
- Seil
- Bauklammern
- Nägel

Eine erweiterte Ausrüstung umfasst je nach Bedarf und Transportmöglichkeiten:

- Habegger und Seilzubehör, Umlenkrollen
- Hebeisen
- Hammer
- Stemmeisen
- Zange
- Handsäge
- Vorschlaghammer (Schlegel)
- Holzbohrer
- Bauschrauben

- Verbindungsmittel aus Lochblech
- Zusätzliche Seilstruppen und Verankerungsmaterialien (z.B. Erdanker, Armierungseisen)
- Geissfuss
- Spitzeisen, Fäustel
- Sprengstoff inkl. Zubehör
- Stockwinde
- Schäleisen
- Wasserwaage
- Vorrichtungen für die Kettensäge zum Aufschneiden von Stämmen in Bretter

Für Typ A-Bauten kommen je nach Art des Bauwerks bzw. der Holzverbindungen weitere Materialien und Spezialwerkzeuge zur Anwendung.

Als *Transportmittel* für Materialien sowie teilweise auch Arbeitskräfte kommen in Frage:

- Kleindumper mit Raupen- oder Radantrieb (Mindest-Wegbreite 1 m)
- Kleinbagger
- Seilwinde und Motorseilzugmaschinen ('Habegger')
- Rutschhilfen (Log lite) aus halbierten Kunststoffrohren
- provisorische Werkseilbahnen und Seilkransysteme
- Pferde, Maulesel (evtl. Train)
- forst- und landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge
- Helikopter (Traglast je nach zur Verfügung stehendem Gerätetyp und Standorthöhe des Bauwerks bis max. ca. 3.5 t)

8.3 Ausführungskontrolle

Die Arbeiten sind durch die Bauleitung regelmässig zu kontrollieren, und allfällige Verbesserungen oder Aenderungen sind anzuordnen. Bei den *Kontrollgängen* werden häufig auch die aktuellen Ausmasse festgelegt, welche die Grundlage bilden für Abrechnung und Nachkalkulation. Ausmasse, Aenderungen, Gegenstand von Besprechungen und Vorschläge für den Unterhalt bzw. Ueberwachung sind in Feldbüchern festzuhalten.

Die Arbeiten werden durch eine formelle Abnahme abgeschlossen. Teilnehmer sind nebst Bauleiter und für die Ausführung Verantwortlichen je nach Umständen:

- Grundeigentümer
- Behörden, Auftraggeber
- Oberbauleiter
- Verantwortliche für Ueberwachung/Unterhalt
- weitere Fachleute

Die Ergebnisse der Abnahme sind in einem *Protokoll* festzuhalten. Es umfasst:

- Teilnehmerliste
- Zeitpunkt der Erstellung der Bauten
- Lageplan (1 : 25'000)
- Hinweis auf Planunterlagen sowie Aenderungen zum generellen bzw. Detailprojekt
- Kurzbeschreibung der Bauten
- Mängelliste sowie Fristen für die Mängelbehebung
- Hinweise auf kritische und schadenanfällige Stellen
- Zuständigkeit sowie Termine für Ueberwachung/Unterhalt
- Ort, Datum, Unterschrift der Teilnehmer

Die Sicherheit und dauernde Benutzbarkeit von Wanderwegen und ihren Bauten sind nur durch eine regelmässige Ueberwachung und einen angemessenen Unterhalt zu gewährleisten. Ueberwachung und Unterhalt sind weitgehend eine Frage von Konzeption und Planung: Die Bauwerke sind derart zu planen, dass der Unterhalt möglichst gering und einfach ist. Dazu gehören in erster Linie Massnahmen, welche die Dauerhaftigkeit einer Konstruktion fördern. Zudem sollen Verschleissteile so konzipiert werden, dass sie mit geringem Aufwand ersetzt werden können.

Hauptauslöser für Unterhalts- und Reparaturarbeiten an Holzbauten im Wanderwegbau sind:

- Vermorschung
- Korrosion von metallischen Bauteilen
- mechanische Schädigung durch natürliche Einwirkungen (Rutschungen, Unterspülungen, Erddruck, Schneedruck, Frost, Umfallen von Bäumen, Steinschlag etc.)
- menschliche Einflüsse (Gebrauch, Abnutzung, Vandalismus)
- verminderte Begehrbarkeit, insbesondere glitschige Gehflächen
- beeinträchtigte Aesthetik (z.B. Farbanstrich teilweise abgeblättert)

Optimale Ueberwachungs- und Unterhaltsarbeiten erfordern sorgfältige Vorbereitung und ein systematisches Vorgehen. Sie werden mit Vorteil durch den Ersteller des Bauwerks durchgeführt. Dies ist jedoch nur in wenigen Fällen möglich. Um die Kontinuität der Betreuung zu gewährleisten, ist deshalb das Führen von bauwerksbezogenen Dokumentationen wichtig.

In vielen Fällen ist es angezeigt, die Ueberwachung und den Unterhalt gleichzeitig auszuführen. So können mit dem Unterhalt auch Reinigungsarbeiten verbunden sein, die oftmals Voraussetzung für die Ueberwachung sind. Reparaturarbeiten unterscheiden sich von den Unterhaltsarbeiten durch ihren grösseren Umfang, der meist bestimmte Vorbereitungsarbeiten notwendig macht.

Die Publikationen des SIA (Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein) [11], [12] sind an sich für wesentlich aufwendigere Bauwerke konzipiert, enthalten aber auch brauchbare Hinweise für die einfacheren Wanderwegbauten.

9.1 Dokumentation

Eine Ueberwachungs- und Unterhaltsdokumentation soll folgendes einschliessen:

- a) Wichtige Informationen zum Bau (z.B. Baugrundverhältnisse, nicht mehr sichtbare bauliche Massnahmen, schadenträchtige Stellen)
- b) Ueberwachungsplan
- c) Unterhaltsplan
- d) Aufzeichnungen von wichtigen Beobachtungen bei Ueberwachung und Unterhalt
- e) Skizzen und Bemerkungen zu Sanierungsmassnahmen

Zu den Punkten a) und e) werden hier keine weiteren Details gegeben. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass erfahrungsgemäss diese Dokumentationen oft vernachlässigt werden und somit

später benötigte Informationen und Sachverhalte mit grossem Aufwand rekonstruiert werden müssen. Neben dem Sammeln der wichtigen Baudokumente und schriftlichen Notizen hat sich auch die fotografische Dokumentation als ausgezeichnetes Hilfsmittel erwiesen.

9.2. Überwachung

Im Ueberwachungsplan ist festgehalten, was, wann, wo und wie oft kontrolliert werden muss.

Die Häufigkeit der Kontrollen hängt von den lokalen Umständen ab und ist deshalb durch die hiermit vertrauten Sachbearbeiter festzulegen.

Eine ausreichende Kontrolle ganzer Wegstrecken ist normalerweise mit einer bis zwei *Begehungen* pro Jahr zu erzielen: Eine erste ist im Frühling, eine eventuelle zweite gegen Ende der Wandersaison zweckmässig. Bei der letzteren sind jene Informationen zu sammeln, die notwendig sind für die Planung von grösseren Sanierungsarbeiten, die über den Winter vorbereitet werden können. Besonders exponierte Bauwerke, bei denen eine grosse Wahrscheinlichkeit von Beschädigungen und Beeinträchtigungen z.B. durch *Starkregen* besteht, erfordern zusätzliche Kontrollgänge.

Bei der Ueberwachung zu unterscheiden sind Wegschäden und -mängel, die beim Abschreiten festgestellt werden können (z.B. Prüfen der Widerstandsfähigkeit von Geländern) und solche, die eine *eingehende Inspektion* erfordern. Für die Ermittlung des Erhaltungszustandes von Brücken und insbesondere für die Feststellung von Vermorschungsschäden ist genügend Zeit vorzusehen. Solche genaueren Abklärungen sollten bei Holzbrücken und anderen begehbaren Tragwerken, die keine offensichtlichen Alterungsschäden und -mängel aufweisen, etwa alle zwei Jahre erfolgen. Ältere Bauwerke, an denen der Zahn der Zeit schon offensichtliche Spuren hinterlassen hat, sind dagegen jährlich zu inspizieren. Für grössere Tragwerke, deren Versagen weitreichende Konsequenzen haben könnte, ist es angezeigt, einen detaillierten *Ueberwachungsplan* festzulegen. Dieser kann bei Tragwerken aus Holz beispielsweise folgende Punkte umfassen:

- Pilzbefall
- Festigkeit der Geländer
- äussere Beschädigungen (auch mechanische Einwirkungen)
- Schwingungsanfälligkeit
- Verformungen/Verschiebungen des gesamten Tragwerks oder von Teilen davon
- Sitz von Verbindungsmitteln
- Korrosion von metallischen Verbindungsmitteln
- Verschmutzungen, Ansammlungen von Bodenmaterial, Erde, Laub etc.
- Griffbarkeit der Gehfläche
- Oberflächenbehandlungen von Holzbauteilen
- Nutzungsänderungen

Systematische Erhebungen sollen verhindern, dass bei den Kontrollarbeiten "etwas übersehen" wird. Hilfsmittel hierfür sind Checklisten, Tabellen, vorbereitete Protokolle, Kombinationen von Checklisten und Registrierblättern etc. Sinnvoll ist eine Kombination von Ueberwachung und Unterhaltsplan, d.h. insbesondere das Erfassen von Daten zur Ueberwachung und zum Unterhalt in den gleichen Listen. Damit kann die Wirksamkeit von Unterhaltsmassnahmen systematisch nachkontrolliert werden.

9.3 Feststellen von Pilzgefährdung und Vermorschung

Vermorschungsschäden (d.h. der Abbau von Holz durch Pilze) können die Tragfähigkeit eines Tragwerks wesentlich beeinträchtigen. Sie sind im frühen Stadium nur schwer zu erkennen. Eine möglichst frühzeitige Feststellung eines Pilzbefalles und die Einleitung von Sanierungsmassnahmen sind jedoch wichtig, da insbesondere bei höheren Temperaturen und andauernd hoher Feuchte die Schädigung bei unseren üblichen Bauhölzern rasch fortschreiten kann (vgl. 3.2).

Grundsätzlich kann eine *Pilzinfektion* überall dort entstehen, wo es durch Niederschlags- oder Oberflächenwasser und Erdfeuchte zu intensiven, langandauernden Durchfeuchtungen kommt. Allerdings sind bestimmte Bauteile mehr gefährdet und sollten deshalb besonders kontrolliert werden:

Pilzgefährdete Bauteile:

- Bauteile mit Bodenkontakt, wobei die Erd/Luftzone besonders kritisch ist
- horizontal liegende Bauteile, vor allem wenn sie grössere Abmessungen und oberseitige Risse haben, in welchen das Regenwasser stagnieren kann
- ungeschützte Stirnflächen, da die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme über das Stirnholz verhältnismässig gross ist
- Kontaktstellen zwischen Hölzern - insbesondere bei Stössen und Verbindungen - wo das Wasser kapillar eindringen und stagnieren kann
- Befestigungsstellen von Nägeln, Schrauben, Dübeln etc., bei denen das Wasser längs der Verbindungsmittel eindringen kann

Die Anreicherung mit Wasser ist nicht nur eine Frage der Wasserzufuhr, sondern auch der *Trocknungsgeschwindigkeit*. Diese ist an luftigen, trockenen Standorten (z.B. im Fels) wesentlich höher als an feuchten, schattigen und schlechtdurchlüfteten Stellen mit viel Vegetation.

Auf eine andauernd *hohe Holzfeuchtigkeit* und somit eine *Pilzgefährdung* können folgende Anzeichen hinweisen:

- Dunkelfärbung der Oberfläche (intensiver Oberflächenbewuchs mit dunkelgrauen Schimmelpilzen)
- Korrosionsverfärbungen von Verbindungsmitteln
- Bewuchs mit Moos oder Flechten
- Wuchs von Gräsern und anderen Pflanzen (meist in Verbindung mit Schmutzansammlungen auf dem Bauwerk)
- Quellerscheinungen des Holzes
- weiche Oberfläche
- Wasseraustritt beim Einstechen bzw. Einschlagen von spitzen Gegenständen (Messer, Nägel)

Eine Pilzentwicklung ist erst oberhalb der sogenannten Fasersättigung möglich, die je nach Holzart bei einer Holzfeuchte zwischen 25% und 34% liegt. Messungen von Holzfeuchten über 22% weisen jedoch bereits auf ein hohes Pilzrisiko hin, da eine Messung nur mit geringer Wahrscheinlichkeit an der feuchtesten Stelle erfolgt. Die Holzfeuchten können lokal am einfachsten mit elektrischen Holzfeuchte-Messgeräten kontrolliert werden.

Da die gefährdeten Zonen hoher Holzfeuchte meist nur beschränkte Ausdehnung haben, ist es wichtig, diese Bereiche zu finden und auszumessen. Holzfeuchte-Messgeräte mit längeren Elektroden sind deshalb zu bevorzugen, da sie eine Messung in grösserer Tiefe erlauben.

Bei einem fortgeschrittenen Pilzbefall sind auf der Holzoberfläche Pilzfruchtkörper zu erkennen. In einem früheren Entwicklungsstadium ist das Erkennen eines Pilzbefalls schwierig und braucht einige Erfahrung. Dies ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass sich in den meisten Fällen der Pilz im Inneren des Bauteils entwickelt (Innenfäule), während die Oberfläche noch weitgehend intakt ist. Neben den oben erwähnten Anzeichen für hohe Holzfeuchte weisen folgende äussere *Erkennungsmerkmale* auf einen *Pilzbefall* hin:

- Leichtes Einfallen der Oberfläche (Volumenverminderung)
- typischer Geruch
- dumpfer, hohler Klang beim Klopfen mit einem Hammer

Nicht ganz zerstörungsfrei sind folgende Methoden:

- Axt einschlagen und lokalen Bruch erzeugen
- Nägel einschlagen (vermorschtes Holz gibt nur sehr geringen Widerstand)
- Loch bohren, Feststellen des Widerstandes, Beurteilung des Bohrgutes
- Kernbohrung (mit Zuwachsbohrer), Feststellen des Widerstandes, Beurteilung der Bohrkerne

Weitere Methoden bedingen einen grösseren technischen Aufwand bzw. spezielle Geräte.

Bei den Untersuchungen ist darauf zu achten, dass nicht zusätzliche Eintrittsöffnungen für Wasser geschaffen werden (es empfiehlt sich z.B., von unten zu bohren). Testlöcher sind zu schliessen, am besten mit einem imprägnierten Dübel. Bei Pfosten, die in der Erde eingegraben sind, ist das Erfassen des Erhaltungszustandes unter der Erdoberfläche wichtig. Ein Ausgraben der obersten 20 - 40 cm unter dem Bodenniveau erleichtert die Beurteilung.

Die Schwächung durch einen Pilzbefall ist abhängig von dessen Ausdehnung. Diese kann z.B. durch mehrere Bohrungen erfasst werden. Bei der Ermittlung der *Restfestigkeit* eines Holzquerschnitts ist die Festigkeit der pilzbefallenen Teile Null gleichzusetzen.

9.4 Unterhalt

Die laufenden *kleineren Arbeiten* des Unterhalts umfassen vor allem folgende Punkte:

- Reinigung, wo das Ansammeln von Erde, Laub etc. schädliche Auswirkungen haben kann (z.B. Glitschigwerden der Gehfläche, Ansammlung von Feuchtigkeit in der Nähe von Holzbauteilen und Verbindungsmitteln aus Metall)
- Nachziehen von losen Verbindungsmitteln
- Verbesserungen der Gehfläche, Ausebnen, Erneuern von Gleitschutzmassnahmen
- Erneuern von Rostschutzmassnahmen
- Ersetzen von kleineren defekten Teilen
- Erneuern der Oberflächenbehandlungen von Holz
- Zurechtrücken von deformierten und verschobenen Bauteilen
- Reinigen und Ausbessern von Drainage-Massnahmen (optimaler Abfluss von Niederschlags- und Oberflächenwasser)

9.5 Massnahmen bei Pilzgefährdung und Pilzbefall

Bei Pilzgefährdung und -befall können sich folgende Massnahmen aufdrängen:

- a) Bei Stellen mit andauernder hoher Feuchte:
 - Wasserzutritt wenn möglich unterbinden
 - Austrocknung fördern
 - Versetzen von Borpatronen als chemischen Holzschutz
- b) bei geringem Pilzbefall: siehe a)
- c) bei intensivem Pilzbefall an kritischen Stellen:
 - Bauwerk sperren
 - Ersatz der vermorschten Teile, bevorzugterweise mit imprägniertem oder pilzresistentem Holz
 - Stelle konstruktiv verbessern (siehe a)

TEIL B

BAUWERKE

10 BRÜCKEN UND STEGE

10.1 Grundlagen

Brückenbauten sind, verglichen mit den andern Abschnitten im Wanderwegnetz, sehr arbeits- und materialaufwendig. Aus wirtschaftlichen Gründen sind deshalb eine sorgfältige Planung und Vorbereitung sowie eine einwandfreie Ausführung besonders wichtig. Viele kritische Stellen lassen sich dabei bereits in der Planungsphase vermeiden. Die folgenden Ueberlegungen spielen dabei eine entscheidende Rolle.

■ *Ist der Bau einer Brücke überhaupt notwendig?*

Ein etwas längerer Umweg kann billiger und sicherer sein als eine Brücke. Dies gilt besonders in schwierigem Gelände für den Bereich des Brückenaufagers (z.B. rutschgefährdete oder von Wildbächen unterspülte Böschungen).

■ *Gibt es andere, bessere Möglichkeiten für einen Brückenstandort?*

Grundsätzlich sollen Bäche, Flüsse und Tobel an der schmalsten Stelle, möglichst in einem geraden Teilstück überquert werden. Ungünstige Auflagerbedingungen sind bei Bach- und Flusskrümmungen zu erwarten, wo die ungeschützten Böschungen auf der Kurvenaussenseite oft unterspült werden.

Ein bewährter Brückenstandort sollte in der Regel nicht verändert werden. Es gibt jedoch Fälle, wo die neueren, benachbarten Brücken der Land- oder Forstwirtschaft geeigneter sind. Möglicherweise kann auch eine veränderte Linienführung des Weges zu neuen, erlebnisreichen Wegabschnitten führen.

■ *Wie gross ist die erforderliche Sicherheit bei der Benutzung des Bauwerks?*

Die Abschätzung von Gefahrenrisiken ist eine schwierige Aufgaben im Wanderwegbau, da Gefahren von verschiedenen Benutzergruppen (Kinder, Gelegenheitswanderer, Berggänger usw.) auch innerhalb einer Wegkategorie unterschiedlich beurteilt werden.

Für Geländer beispielsweise gilt als grobe Richtlinie:

- Beidseitiges Geländer bei Brücken von Spazierwegen und ortsnahen Wanderwegen sowie bei der Ueberquerung von Schluchten, reissenden Bächen, Flüssen u.ä.
- einseitiges Geländer auf Bergwegen und abgelegenen Wanderwegen
- kein Geländer bei wenig ausgesetzten Brücken und Stegen

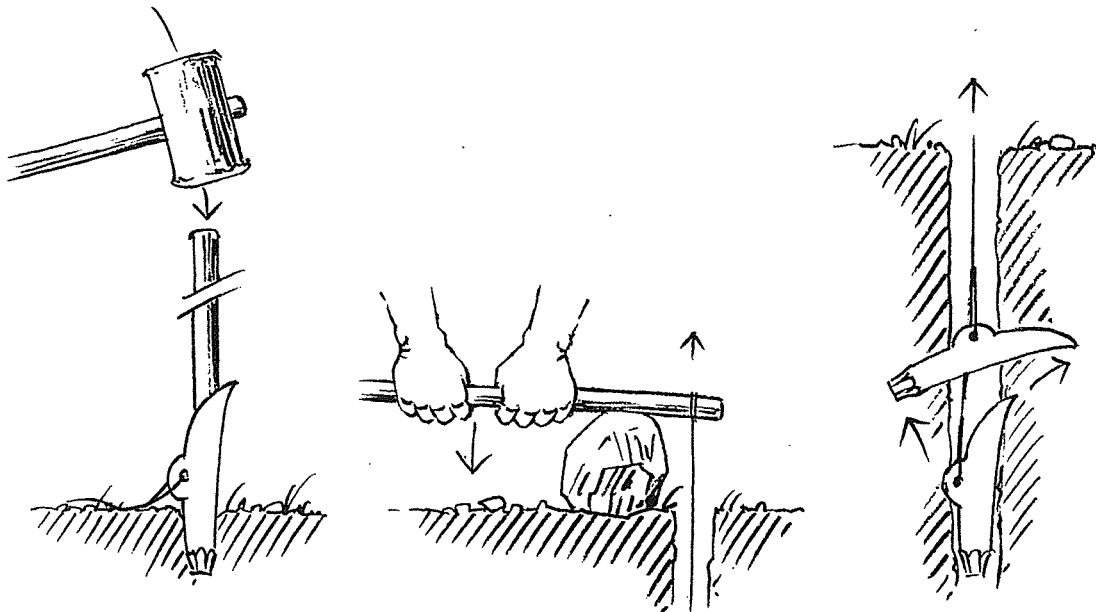
Statt einem Geländer kann auch eine Ueberbreite eine ausreichende Sicherheit und ein erhöhtes Sicherheitsgefühl vermitteln (vgl. Kap. 10.3.8). Es ist zu beachten, dass grössere Verformungen sowie Schwingungen der Tragkonstruktion Unsicherheitsgefühle verursachen. Im weiteren beeinflusst die Rauigkeit der Gehfläche die Trittsicherheit erheblich.

■ *Welcher Benutzerkomfort ist vorgesehen?*

Der Ausbaugrad einer Brücke hängt ab von der Wegkategorie (vgl. Kap. 2.1) und der Ausrüstung der Benutzer. Ausser bei intensiv begangenen Wegstrecken genügen für Wanderwege einspurige Brücken. Für Spazierwege sind eher breite Bauwerke angebracht.

■ Welche Massnahmen sind möglich bei Lawenniedergang oder Hochwasser im Frühjahr?

- Keine Brücke, sondern Furt bauen
- einfache, leicht ersetzbare Konstruktionen vorsehen
- Brücke in Gefahrenperioden entfernen
- Bauteile auf die extremen Beanspruchungen dimensionieren
- Brücke nicht in Auflagern fixieren, sondern einseitig beweglich an Seil oder Kette befestigen:
Bäume und Felsblöcke bieten vielfach genügende Verankerungsmöglichkeiten. Aber auch eingerammte Pfähle oder Erdanker (z.B. Duckbill-Erdanker) sind dafür geeignet. Beidseitiges Verankern ist gefährlich, da sich vor der Brücke Geschiebe und Treibholz stauen können. Diese Gefahr besteht auch, wenn die lichte Höhe der Brücke zu klein bemessen wird.



Anker einschlagen → Anker vorbelasten → Anker stellt sich quer
→ Vollbelastung

Abb. 10.1: Arbeiten mit Erdankern

■ Welche Planungsunterlagen sind notwendig?

Grössere Brücken- mit höherem Standard, d.h. vor allem Typ A-Bauten, bedingen meist ausführliche Geländeaufnahmen. Für einen einfachen Rundholzsteg kann jedoch die Kenntnis der Spannweite genügen. Hinweise zu den Projektierungsgrundlagen finden sich in Kap. 2.3.

10.2 Brückensysteme

Das Hauptgewicht im Wanderwegbau liegt bei einfachen Tragsystemen. Für Bauten des Ausführungstyps A kommen für Ueberquerungen mit grösseren Spannweiten und für kombinierten Nutzungen auch aufwendigere Systeme wie Brettschichtholzträger, Spreng- oder Hängewerke zur Anwendung. In letzter Zeit entstanden, bedingt durch weitgehende Entwicklungen im Brettschichtholz und durch neuzeitliche Stahl/Holzverbindungen, eine Vielzahl von neuen Tragkonstruktionen. Bei den meisten dieser neueren Fussgängerbrücken und Ueberführungen sind ausführliche Untersuchungen und Berechnungen durch einen Ingenieur notwendig. Solche Brückentypen werden daher im folgenden nur am Rande erwähnt. Eine Uebersicht der gebräuchlichen Tragsysteme gibt Tabelle 10.1.

Tabelle 10.1 : 'Brückensysteme'

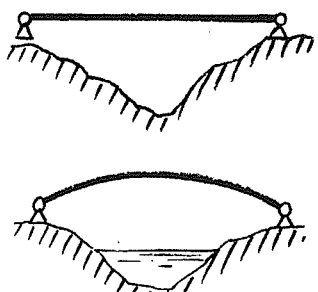
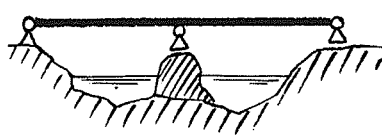
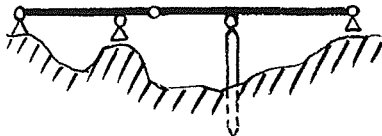
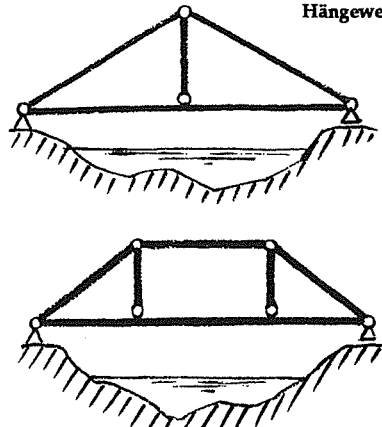
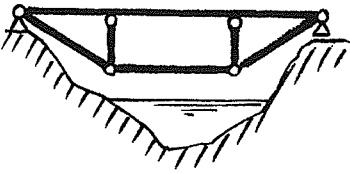
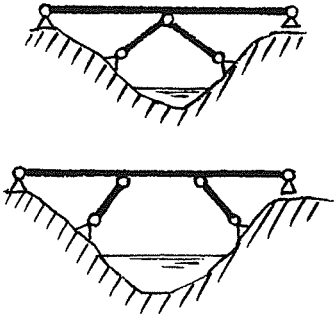
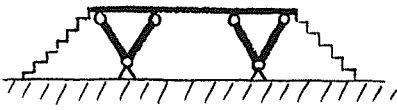
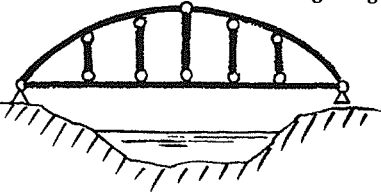
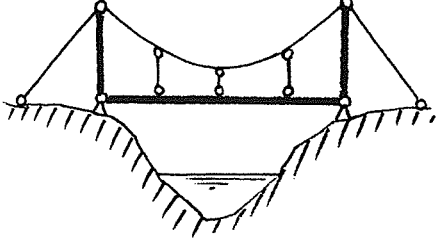
System	Holzmaterial	übliche Spannweiten	Bemerkungen
Einfeldträger 	Rundholz Schnittholz verdübelte Balken, Nagelträger, Fachwerkträger, Stegträger Brettschichtholz (BSH) Platten Bogenträger	bis 15 m bis 15 m bis 30 m bis 40 m bis 9 m bis 30 m	• Material lokal verfügbar (Ausführungstyp B) • druckimprägniert (Ausführungstyp A) • nur mit aufwendigen Holzschutzmassnahmen (z.B. Ueberdachung) im Wanderwegbau einzusetzen • druckimprägniert (Ausführungstyp A) • druckimprägnierte Bretter, verleimt oder quer vor- oder zusammengespannt • aus Schnittholz oder BSH, druckimprägniert (Ausführungstyp A)
Zweifeldträger 	wie Einfeldträger	wie Einfeldträger	• Verdoppelung der Brückenlänge
Mehrfeld- und Gelenkträger 	wie Einfeldträger		• im Wanderwegbau selten (z.B. Viadukte)
Hängewerke 	Schnittholz, Rundholz	bis 15 m	• Druckimprägnierung vorteilhaft • Lichtraumprofil unter der Brücke wird nicht eingeengt (↔ Sprengwerk) • kritische Details bezügl. konstruktivem Holzschutz

Tabelle 10.1 : 'Brückensysteme' (Fortsetzung)

System	Holzmaterial	übliche Spannweiten	Bemerkungen
unterspannter Balken 	Schnittholz (Rundholz)	bis 20 m	• Unterspannung mit Holz, Rund- oder Flachstahl, Stahlseile
Sprengwerke 	Schnittholz (Rundholz)	bis 30 m	• Druckimprägnierung vorteilhaft • Einengung des Lichtraumprofils • Ausnützen von natürlichen Auflagern möglich
Zwei- und Dreigelenkrahen 	Schnittholz, Brettschichtholz	bis 40 m	• Ueberführung von Strassen, Eisenbahn etc. • Druckimprägnierung (Ausführungstyp A)
Bogentragwerke 	Brettschichtholz	bis 40 m	• Druckimprägnierung (Ausführungstyp A)
Hängebrücken 	Rund- und Schnittholz, Brettschichtholz	bis 50 m	• Stahlseile • sehr grosse Spannweiten (bis 300 m) möglich
Spezialtragwerke wie • Schrägkabelbrücken • Spannbandkonstruktionen	Brettschichtholz, Schnittholz	bis 50 m	• v.a. im Bereich Spazierwege

10.3 Konstruktionsteile

10.3.1 Grundbegriffe

Abb. 10.2 gibt eine Uebersicht der Bauteile einer einfachen Brücke und ihrer gebräuchlichen Bezeichnungen. Für einen Grossteil der Brücken im Wanderwegbau werden nicht alle hier angeführten Bauteile benötigt. Häufig wird z.B. auf die Querträger verzichtet und der Gehbelag direkt auf den Hauptträgern befestigt. Aufwendige Fussgängerbrücken und grössere, befahrbare Brücken können andererseits mit einer Reihe von weiteren Bauelementen (z.B. einer Ueberdachung) ausgerüstet sein. Breite Brücken mit hohen Trägern benötigen meist Aussteifungs- und Windverbände.

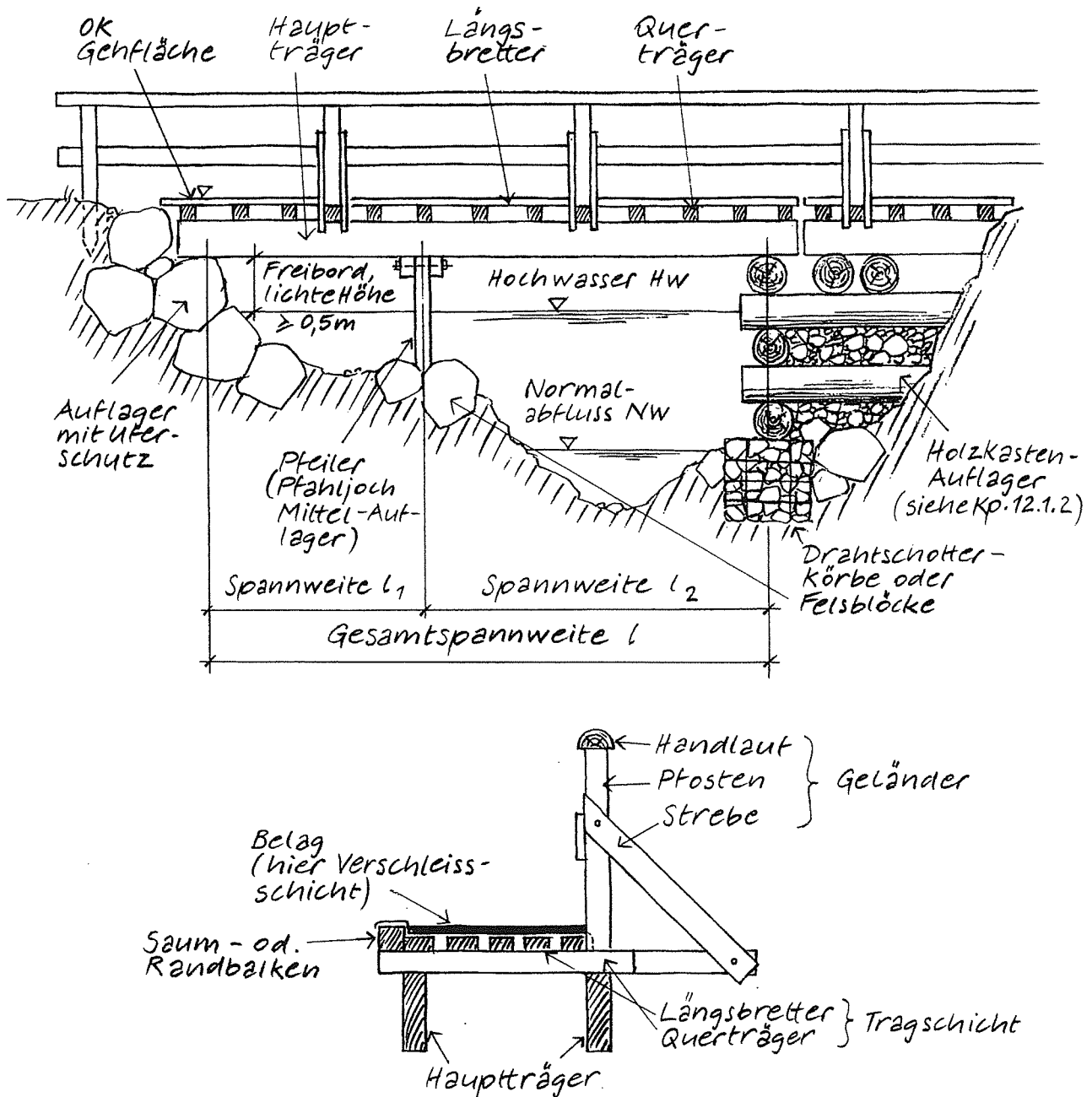


Abb. 10.2 : Bezeichnung der Brückenbauteile

Bei befahrbaren Brücken mit hohen Trägern wird am Fahrbahnrand aus Sicherheitsgründen ein sogenannter *Saum-* oder *Randbalken* befestigt. Im Wanderwegbau sind solche Randbalken kaum notwendig und bezüglich Holzschutz ohnehin ungeeignet, da sich in der Ecke von Gehbelag und Randbalken feuchtes Laub und Erde ansammeln können.

10.3.2 Widerlager und Stützen

Ueber die Widerlager und Stützen werden die Brückenlasten (Eigengewicht, Gebrauchslasten durch Benutzer, Wind- und Schneelasten) in den Baugrund abgeleitet. Ausserdem müssen sie je nach Situation Hochwasser, Geschiebetrieb und Bergdruck standhalten. Im Bereich des Auflagers ist die Gefahr der Befeuchtung des Holzes und damit eines Pilzbefalls besonders gross. Durch konstruktive Massnahmen sollte das Holz möglichst trocken und frei von Erde und Laub gehalten werden.

Der *Ausbaugrad* von Brückenauflagern hängt ab von der gewünschten Sicherheit und Dauerhaftigkeit sowie vom Ausbaugrad der Brückenkonstruktion. Aufwendigere Widerlagerbauten mit Uferschutz sind überall da notwendig, wo die Auflager durch Unterspülung gefährdet sind, z.B. auf der Aussenseite von Flusswindungen oder bei Uferabbrüchen mit Neigung von mehr als 2:3, die nicht aus Fels oder Felsblöcken bestehen.

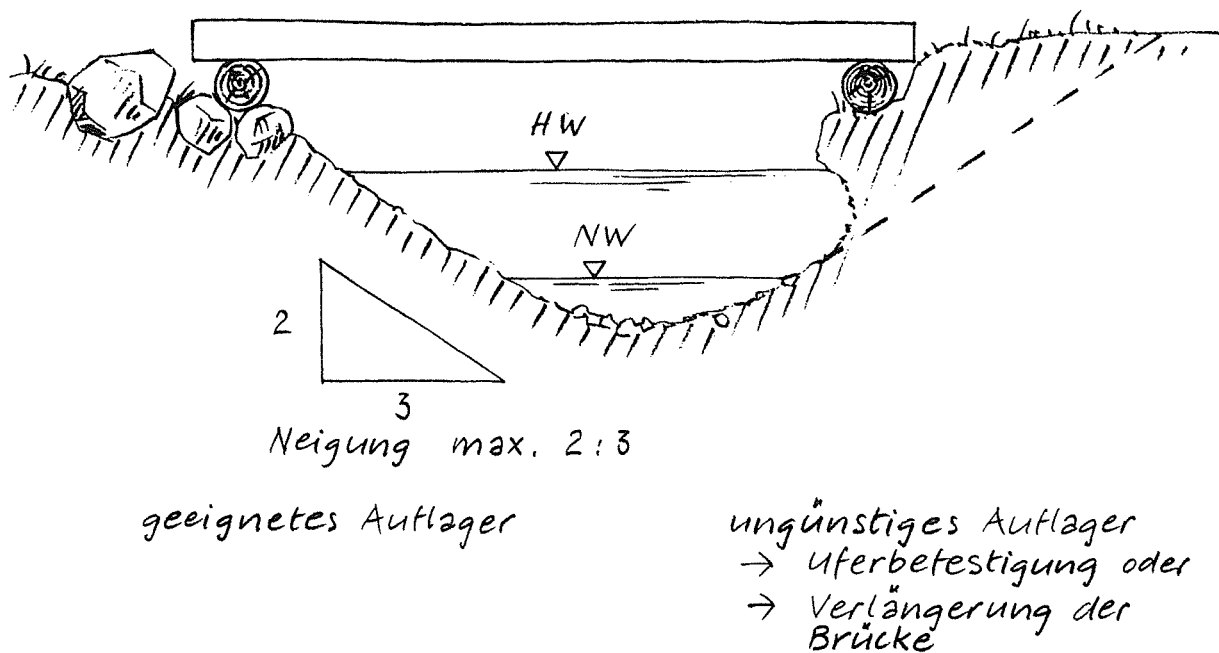
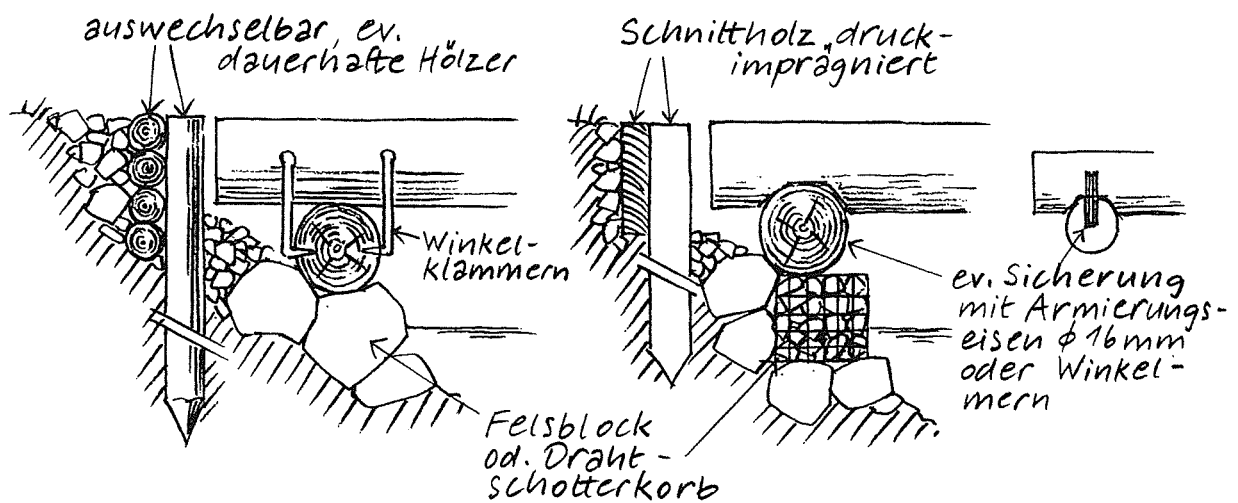
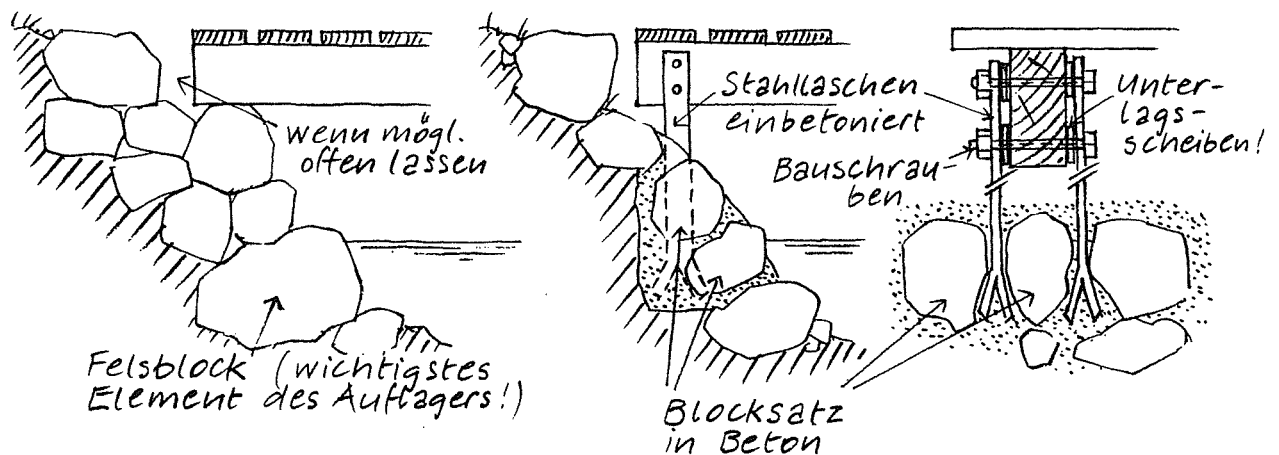


Abb. 10.3 a : Ausbildung der Widerlager

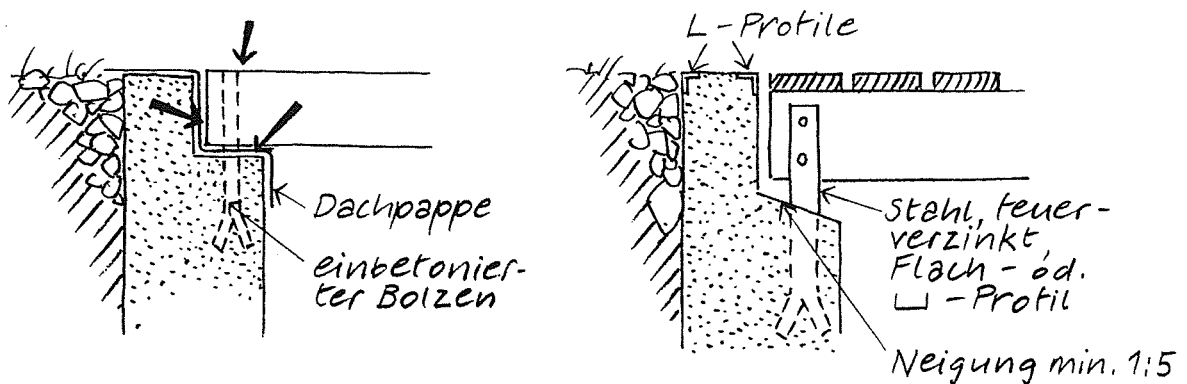
• Rundholz (Ausführungstyp B)



• Felsblöcke (Typ A oder B)



• Beton (meist Typ A-Bauten)

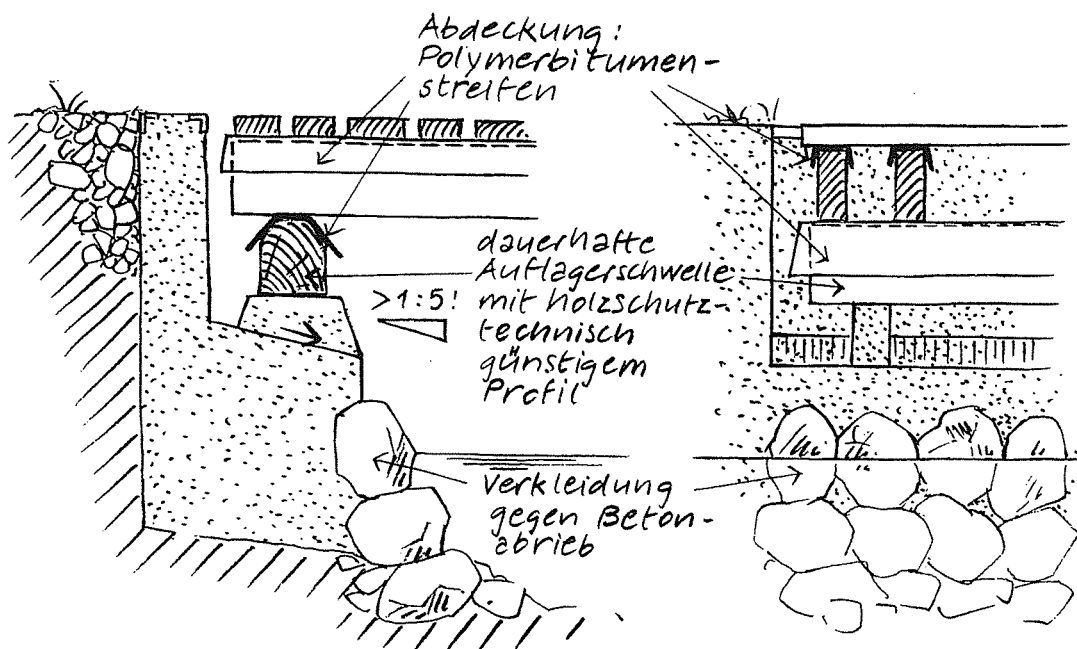


ungünstig : die Pfeile (↙) markieren feuchteexponierte Stellen

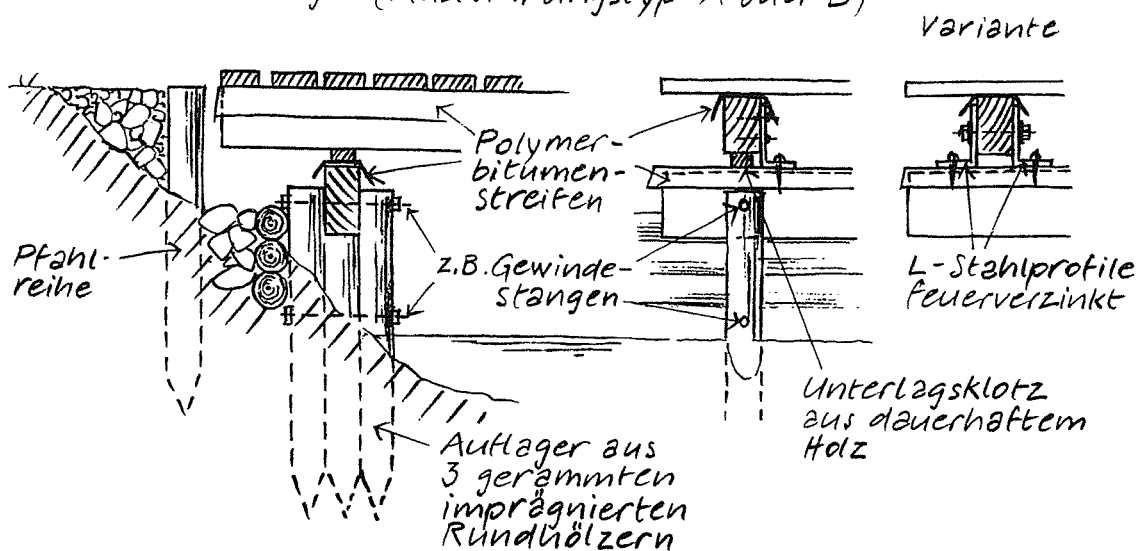
geeigneter

Abb. 10.3 b : Ausbildung der Widerlager

◦ Beton (2)



◦ Gerammltes Widerlager (Ausführungstyp A oder B)



◦ Holzkasten siehe Kp. 12.1.2

Abb. 10.3 c : Ausbildung der Widerlager

Sind *Zwischenstützen* notwendig, können diese ähnlich geschützt und aufgebaut werden wie die Widerlager. Vorteilhaft sind solche Anordnungen, bei denen die Brücken beim Zwischenauflager nur in vertikaler Richtung abgestützt werden (Durchlaufbalken). Sollte dieses weggeschwemmt werden, so ist die Brücke meist noch in der Lage, zumindest ihr Eigengewicht zu tragen. Sie kann durch den Einbau von Ersatzstützen wieder voll benutzbar gemacht werden.

Pfeiler und Joche sind oft fließendem Wasser und Geschiebetrieb ausgesetzt. Es empfiehlt sich deshalb, diese mit auswechselbaren Hölzern abzudecken oder geschützt hinter grossen Felsblöcken einzubauen. Der Einbau von Pfeilern und vor allem Pfahljochen ist im allgemeinen aufwendig und deshalb durch Fachleute auszuführen.

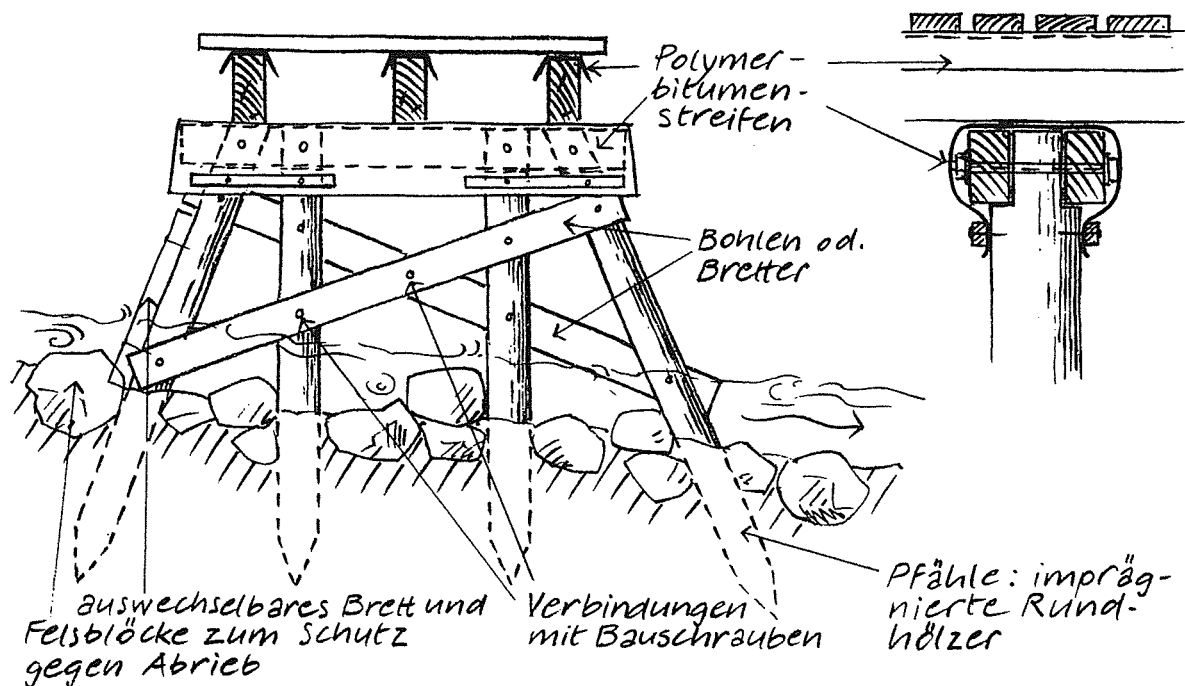


Abb. 10.4 : Pfahljoch

10.3.3 Haupttragwerke

● Einfeldträger

Einfeldträger sind an beiden Auflagern in vertikaler, seitlicher sowie an mindestens einem Auflager auch in Längs-Richtung gehalten. Für Bauten des Typs B kommen in erster Linie Rundhölzer als Längsträger in Frage. Für einfache Stege mit zwei bis drei Rundholzträgern kann der erforderliche Querschnitt der *Tabelle 10.2* entnommen werden.

Tabelle 10.2: Bemessung von Rundhölzern bei Ein- und Zweifeldträgern: Durchmesser in cm für Nadelholz in Abhängigkeit von Spannweite und Höhe über Meer (bei Zweifeldträgern ist die grössere der beiden Spannweiten massgebend)

Querschnitt Einspurige Brücke mit 2 Hauptträgern													
Mittelland	Voralpen	Spannweite [m]											
Engadin	Alpen												
frz. Wallis	Jura	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
bis 600 m ü. M.	bis 400 m ü. M.	16	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
über 600 m ü. M.	über 400 m ü. M.	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38

Bemessungsgrundlagen

- Lastannahmen siehe Kapitel 7 (je nach Meereshöhe ist Nutz- oder Schneelast massgebend)
- Lastbreite $B = 1$ m, Last verteilt auf 2 Hauptträger
- Eigengewicht Hauptträger berücksichtigt
- Grundwerte der zulässigen Biegezugspannungen:
 - $\sigma_b = 10 \text{ N/mm}^2$ (Lastfall Nutzlast)
 - $\sigma_b = 15 \text{ N/mm}^2$ (Lastfall Schnee; kein Sicherheitsrisiko!)
- Lastdauerbeiwert $C_D = 1.0$
 Holzfeuchtebeiwert $C_W = 0.8$

● *Zwei- und Mehrfeldträger*

Bei Mehrfeldträgern wird die Tragkonstruktion an mehr als zwei Stellen gelagert. Da die Bauteile aus Transport- und Fertigungsgründen selten länger als 15 m lang sind, müssen die Hauptträger von langen Brücken mittels *Gelenken* (Gelenkträger) gestossen werden. Im allgemeinen sind für Mehrfeldträger Fachleute beizuziehen.

● *Spreng- und Hängewerke*

Eine Vergrösserung der Spannweite lässt sich mit Spreng- und Hängewerken erzielen, wie sie aus dem traditionellen Zimmermannsbau bekannt sind. Spreng- und Hängewerke haben im Wanderwegbau auch heute noch Bedeutung, wo

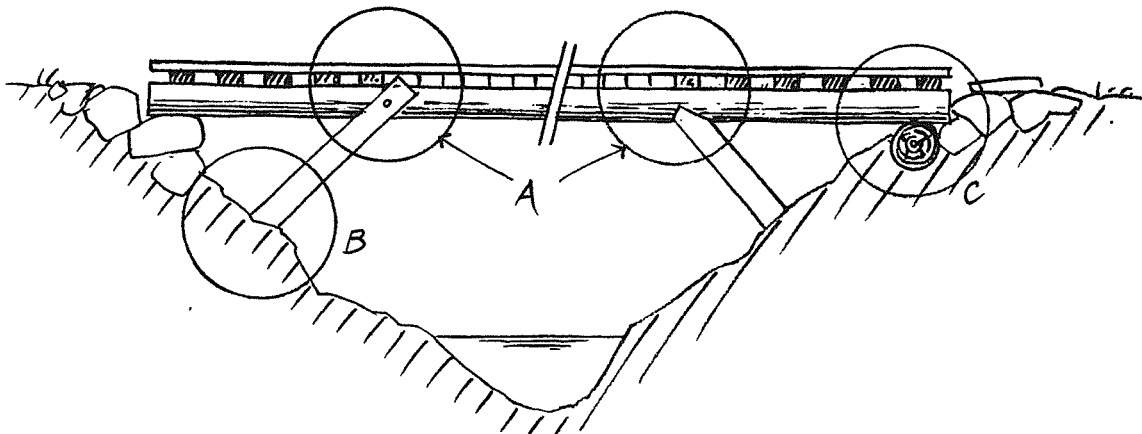
- das Gelände eine Abstützung der Streben erlaubt (Sprengwerk),
- ein einfaches Aufrichten der Konstruktion vor Ort möglich ist,
- die ästhetischen Vorzüge dieser Brückentypen von Bedeutung sind und
- Fachleute (Zimmerleute, Förster) für den Bau der Brücke zur Verfügung stehen.

Die heutigen *Verbindungsmittel* erlauben, im Gegensatz zu früher, auch eine vereinfachte Uebertragung von Zugkräften. Alte Zimmermannsverbindungen wie Zapfen, Versatz u.ä. sind aus Gründen der Dauerhaftigkeit nur für geschützte Konstruktionen geeignet (vgl. Kap. 6).

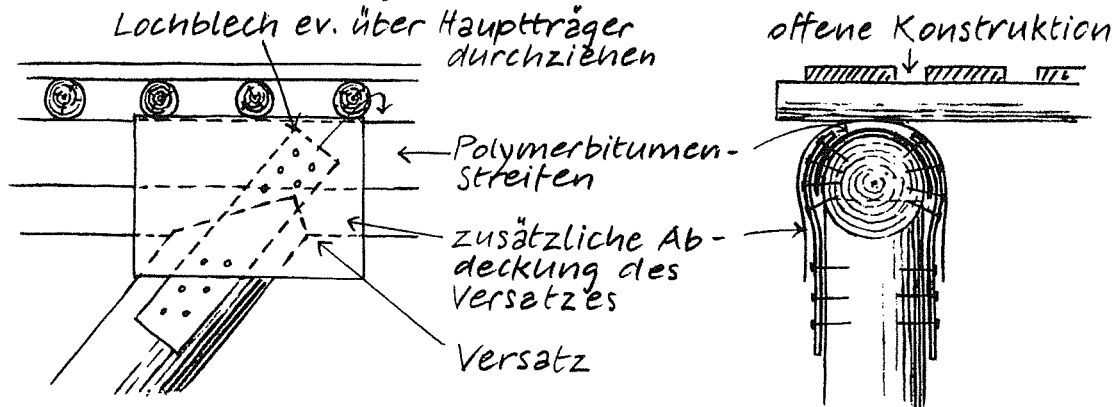
● *Hängebrücken, unterspannte und abgespannte Balken*

Die Kombination von *Holz und Stahl* erlaubt eine Reihe von Möglichkeiten für die Ueberbrückung von grösseren Spannweiten. Dabei werden die Stahlseile, Rund- oder Flachstähle auf Zug beansprucht, während die Holzteile meist als Druckstäbe ausgebildet sind. Bis jetzt sind solche Bausysteme in der Schweiz noch wenig verbreitet; sie eignen sich jedoch für die Ueberbrückung grösserer Spannweiten im Wanderwegbau. Die Berechnung solcher Bauwerke und die Gestaltung der Anschlüsse sind anspruchsvoll und sollten deshalb von Ingenieuren ausgeführt werden [13].

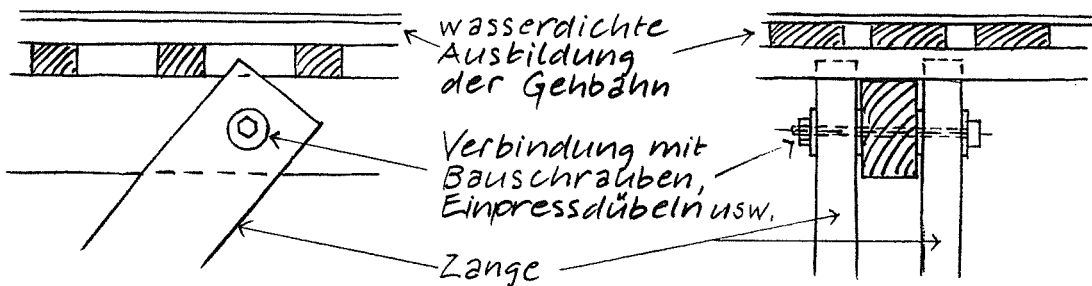
Holzschutz-kritische Stellen



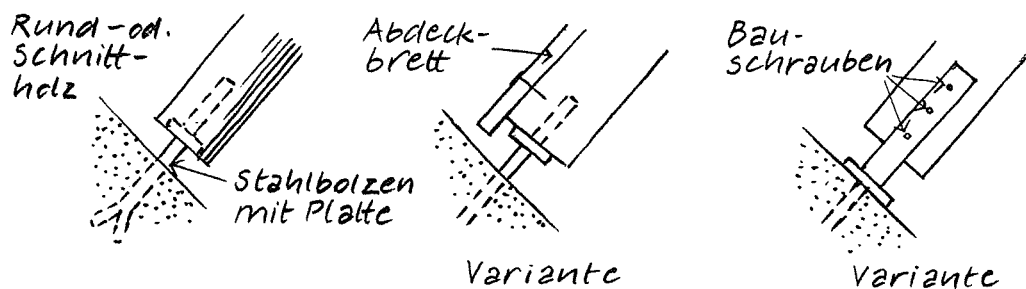
• Konstruktionsvorschläge Detail A



Variante: Gehbahnausbildung als wasserdichte Schicht
(keine Abdeckung notwendig)



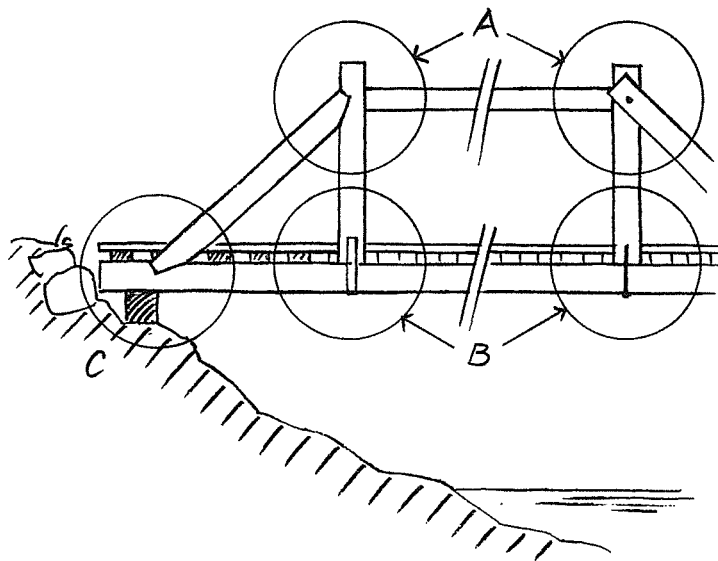
• Konstruktionsvorschläge Detail B



58 • Konstruktionsvorschläge Detail C : siehe Kp. 10.3.2

Abb. 10.5 : Holzschutz-kritische Stellen beim Sprengwerk

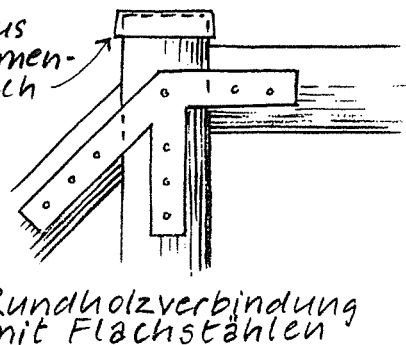
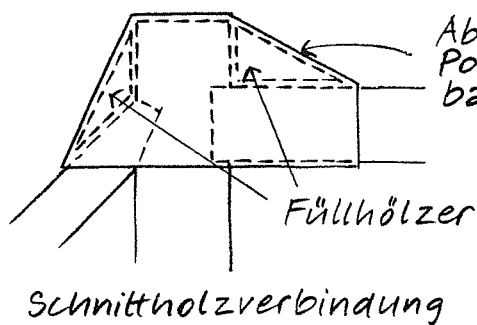
Holzschutz - kritische Stellen



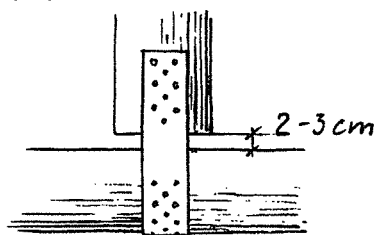
Holzschutz
schwierig bei
ungeschützten
horizontalen
Bauteilen

Konstruktionsvorschläge:

• Detail A



• Detail B



• Detail C

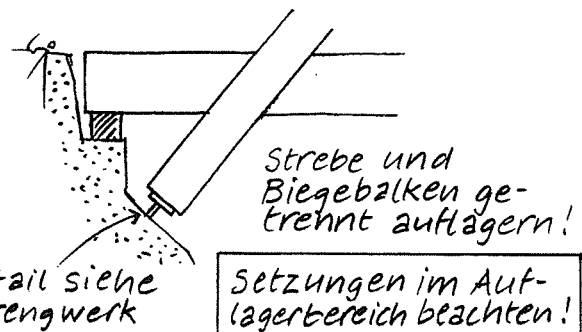


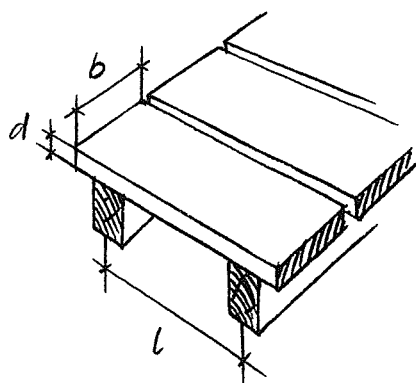
Abb. 10.6 : Holzschutz-kritische Stellen beim Hängewerk
(ungeddeckte Brücken)

10.3.4 Tragschicht und Verschleisssschicht

Aufwendigere Brücken haben in der Regel eine Tragschicht sowie eine einfach zu ersetzende Verschleisssschicht. Die Tragschicht verteilt die Nutzlasten auf die Hauptträger. Sie kann aus querlaufenden Brettern oder aus Querträgern und Längsbrettern bestehen.

Querbretter von ebenen Stegen und Brücken

Tabelle 10.3 : Erforderliche Brettdicken d [mm] in Abhängigkeit der Spannweite l und der Breite b



Brettbreite b [mm]	Spannweite l [m]							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
100								
120	36	36	40	50	50	60	60	60
140								
160	30	30	36	40	40	50	50	50
180								
200	30	30	30	36	36	40	40	50
220								
240	30	30	30	30	36	36	40	40

Bemessungsgrundlagen

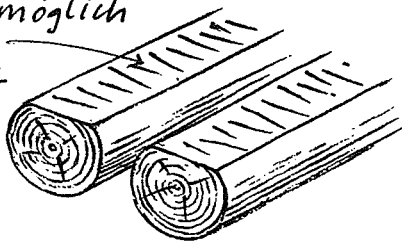
- Lastannahmen siehe Kapitel 7 (je nach Meereshöhe ist Nutz- oder Schneelast massgebend)
- Einzellast 1 kN
- Stossfaktor $\Phi = 2.5$
- Grundwert der zulässigen Biege Randspannungen $\sigma_b = 10 \text{ N/mm}^2$
- Lastdauerbeiwert $C_D = 1.4$
- Holzfeuchtebeiwert $C_W = 0.8$

Die Gehfläche kann *offen* (in der Regel kostengünstiger) oder *geschlossen* (wasserdicht) ausgebildet werden. Eine geschlossene, meist mit einem bituminösen Belag versehene Konstruktion ist aus holzschutztechnischer Sicht zu bevorzugen. Bei der offenen Ausbildung können die Bauteile besser kontrolliert und leichter ausgewechselt werden.

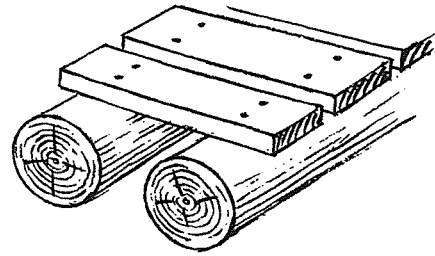
Die Verschleisssschicht schützt die Tragkonstruktion vor Abnutzung sowie in wasserdichter Ausführung auch vor Niederschlagswasser. Da sie zugleich die Gehfläche bildet, sollten griffige und möglichst abriebfeste Materialien gewählt werden. Entfällt die eigentliche Verschleisssschicht, übernehmen die Tragschicht bzw. die Längsträger die Funktion der Gehfläche. Die Rutschfestigkeit der Holzoberflächen kann durch Bearbeitungsmassnahmen verbessert werden (vgl. Abb. 10.8). Steile Brücken (Längsneigung mehr als 10%) sind auch bei rauher Oberfläche unbequem zu begehen und bilden bei Eisglätte eine erhöhte Unfallgefahr.

• Offene Ausbildung

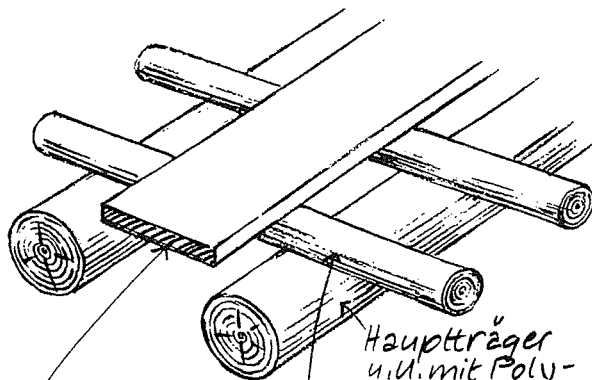
wenn möglich
Gleit-
Schutz



Brücke ohne spezielle
Verschleisschicht

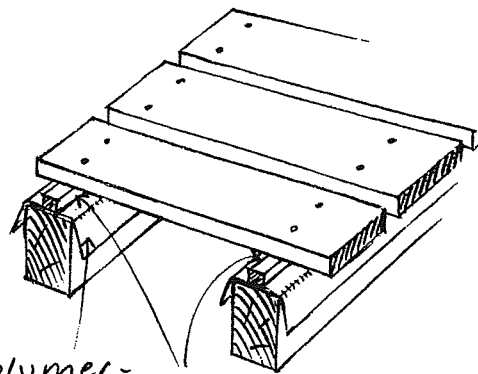


querliegende Bretter als
Verschleisschicht



Brett als Verschleiss-
schicht Rundhölzer
als Querträger

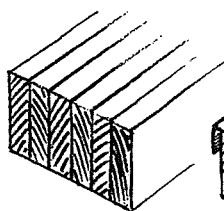
Hauptträger
u. u. mit Poly-
merbitumen-
streifen ab-
decken



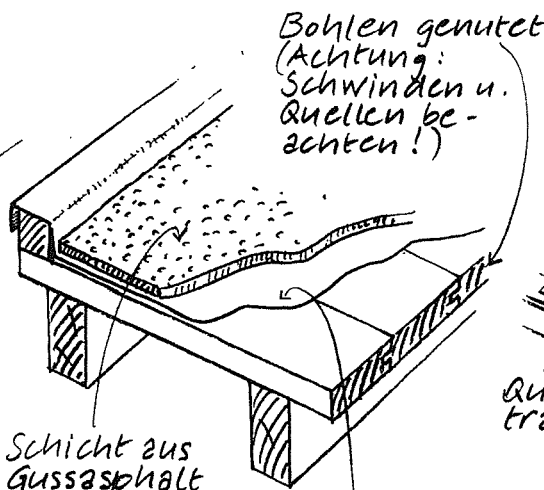
Polymer-
bitumen-
streifen

druckimprägnierte
Holzleisten

• Geschlossene Ausbildung



verleimte
Bretter, ev.
quer vor-
gespannt

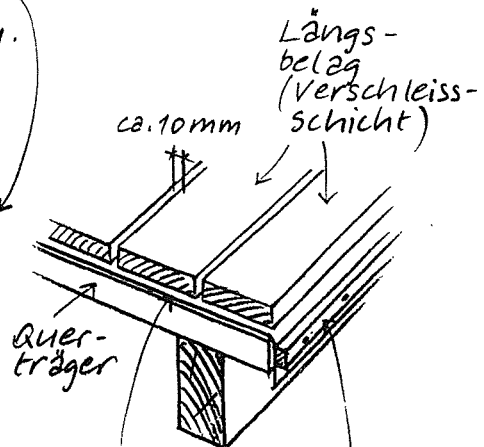


Schicht aus
Gussasphalt
od. gesplitteter
Spezialfolie

Abdichtung
mit Polymer-
bitumenbahn

Bohlen genutzt
(Achtung:
Schwinden u.
Quellen be-
achten!)

Variante



Längs-
belag
(Verschleiss-
schicht)

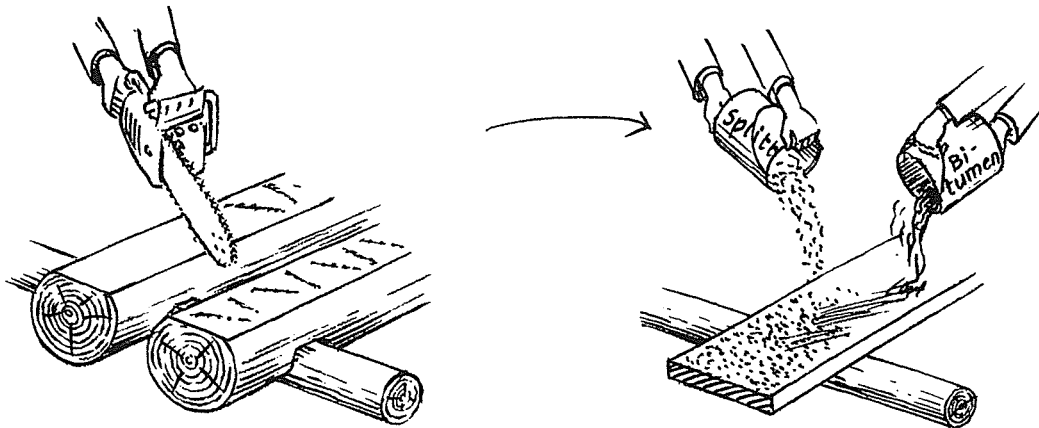
ca. 10mm

Quer-
träger

Polymerbitumen-
bahn mit Lette
und Schrauben
befestigt

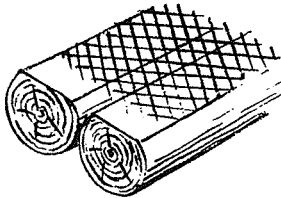
Abb. 10.7: Anordnungsmöglichkeiten von Gehfläche, Verschleisschicht und Tragschicht

①



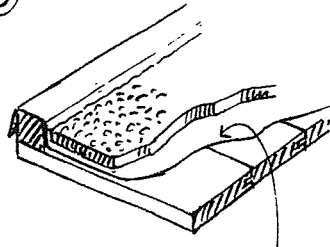
Aufräumen mit Kettensäge, ev. zusätzlich mit Splitt od. Kies bestreuen und feststampfen (Variante: Mischung aus Splitt, oder Epoxidharz und Sand)

②



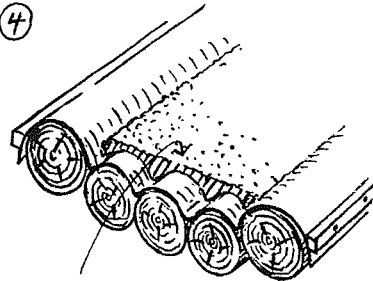
Aufnageln von Streckmetallstreifen, Diagonaldrahtgeflecht od. Armierungsgitter, Nagelung mit Agraffen

③



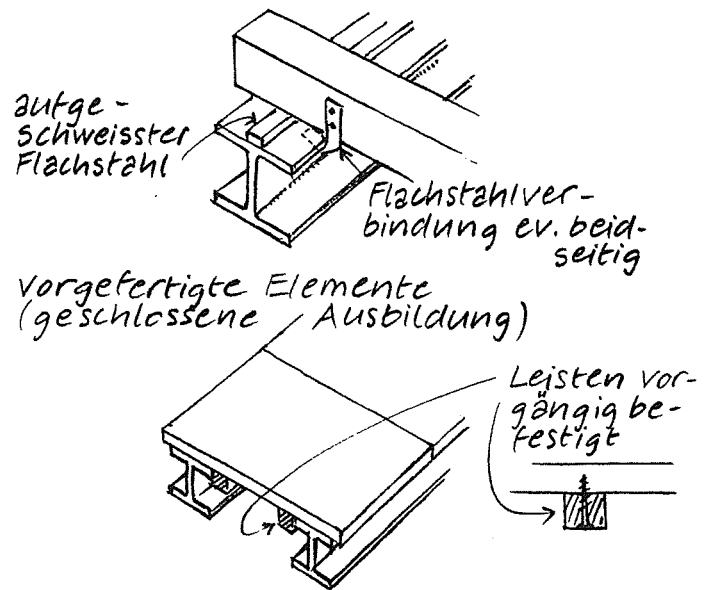
Vollflächig abdecken mit Polymerbitumenbahnen, eindecken mit kiesigem Material

④

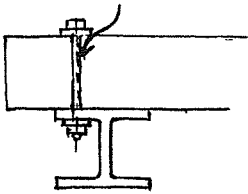


Deckschicht aus bindigem Sand-Kiesgemisch

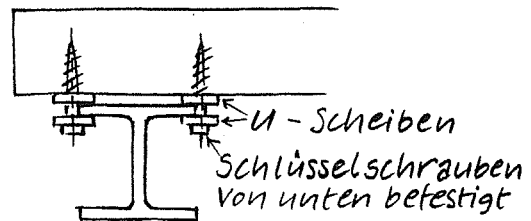
Abb. 10.8 : Möglichkeiten zur Verbesserung der Rutschfestigkeit der Gehfläche



bei durchgehenden
Bauschrauben Wasser
im Bohrloch



weniger geeignet



geeigneter

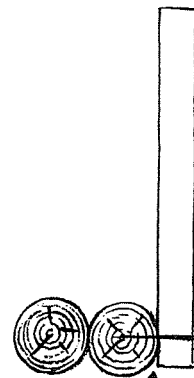
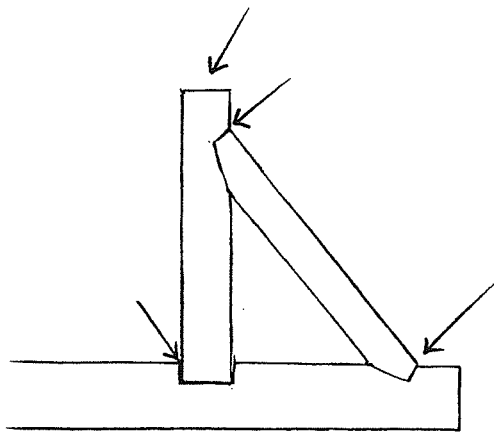
Abb. 10.9 : Befestigung von Querträgern auf Stahlträgern

10.3.5 Geländer

Geländer dienen der Sicherheit der Benutzer. Handläufe werden nur selten benutzt, sind aber für das Sicherheitsgefühl des Wanderers trotzdem notwendig.

An ausgesetzten Stellen ist der Ueberwachung und dem Unterhalt der Geländer besondere Beachtung zu schenken. Schlecht verankerte Pfosten, zu gering bemessene Abstützungen oder unsichtbare Ver-morschung sind oft ein unbekanntes Risiko (falsches Sicherheitsgefühl).

◦ Holzschutz-Kritische Stellen beim Geländer



Einspannung des Pfostens
ungenügend!

◦ Mögliche Lösung

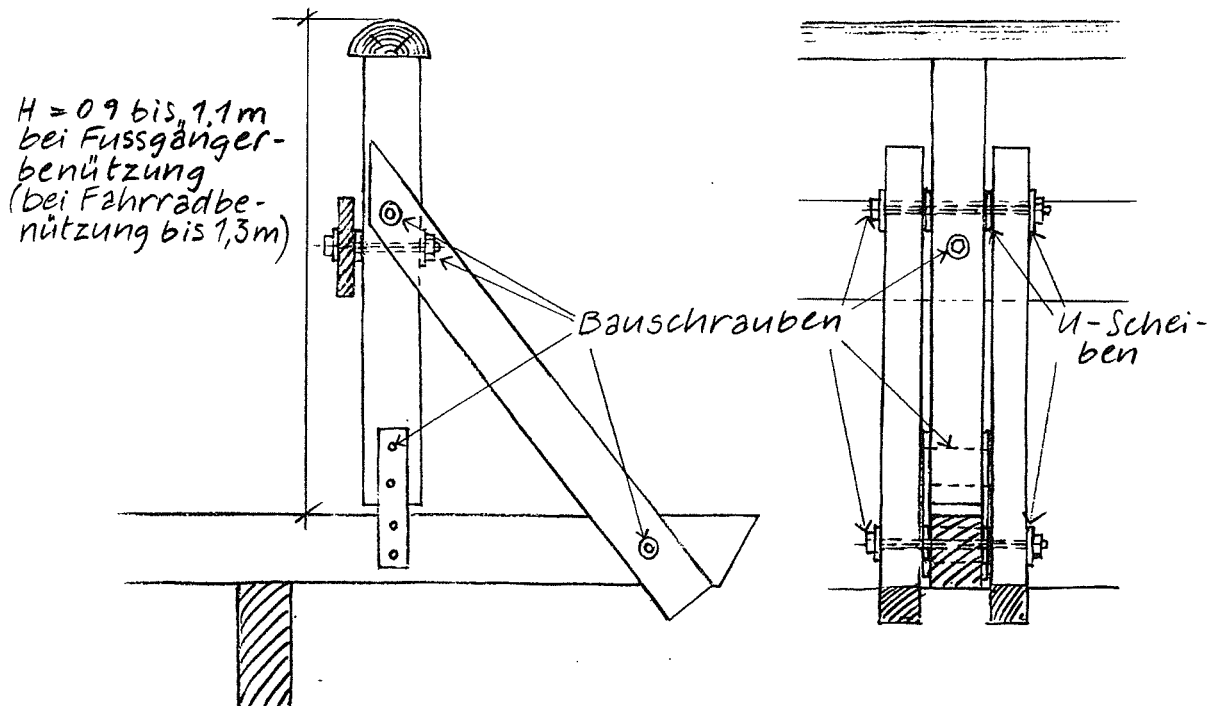


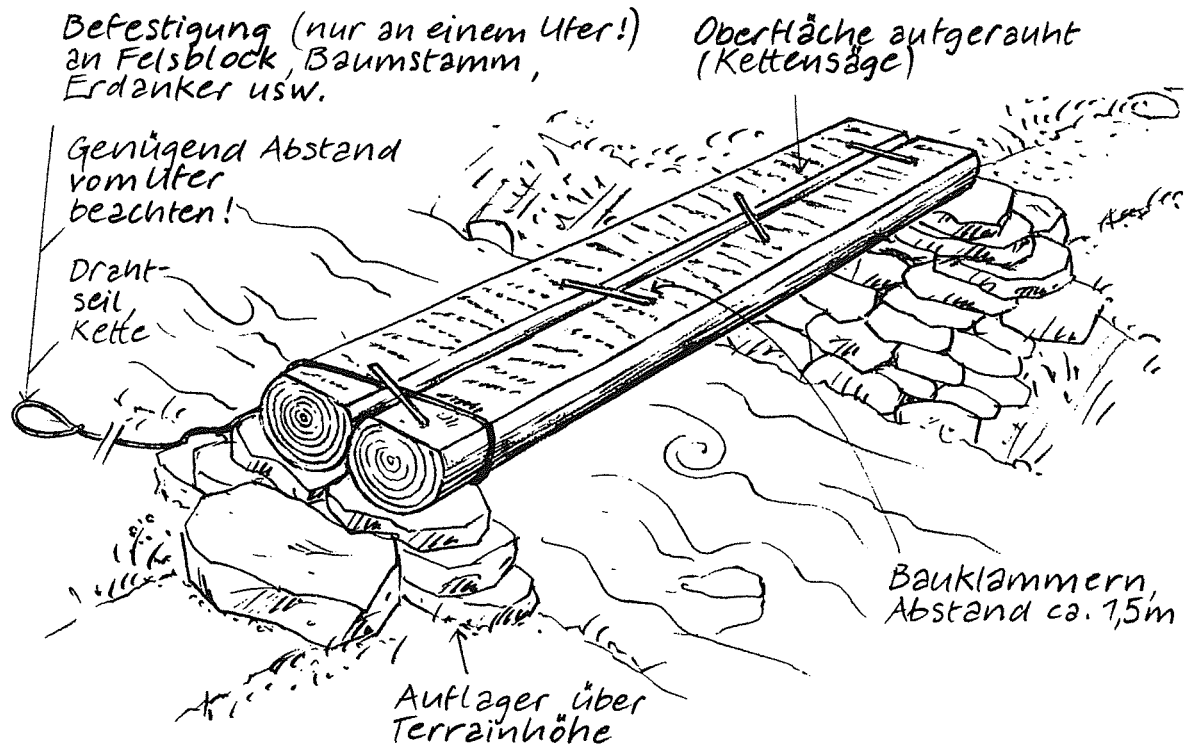
Abb. 10.10 : Holzschutz-kritische Stellen beim Geländer
und Lösungsvorschlag

10.4 Beispiele

Als Ideensammlung werden nachfolgend einige Beispiele von Holzkonstruktionen im Wanderwegbau aufgezeigt. Die Auswahl der Beispiele ist beschränkt und zufällig. Sie erhebt keinen Anspruch, für alle Situationen die optimale Lösung darzustellen. Mit Ausnahme der Dimensionierungstabellen handelt es sich bei den angegebenen Massen (z.B. Pfostenabstände von Geländern) um *Richtmasse*, die jeweils den lokalen Gegebenheiten anzupassen sind.

10.4.1 Einfacher Steg (Ausführungstyp B)

- Merkmale**
- Material lokal verfügbar
 - kleine Spannweiten
 - billig
- Eignung**
- für Berg- und Wanderwege



Variante Auflager

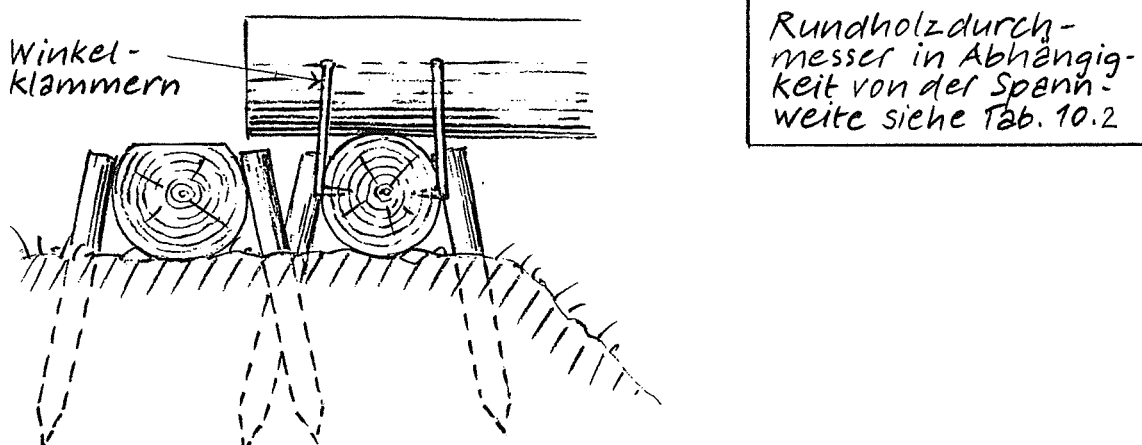


Abb. 10.11: Beispiel eines einfachen Steges mit Auflagervariante

10.4.2 Rundholzbrücke (Ausführungstyp B)

- Merkmale
- Material lokal verfügbar
 - Spannweiten bis 15 m
 - verhältnismässig billig
- Eignung
- für Berg- und Wanderwege

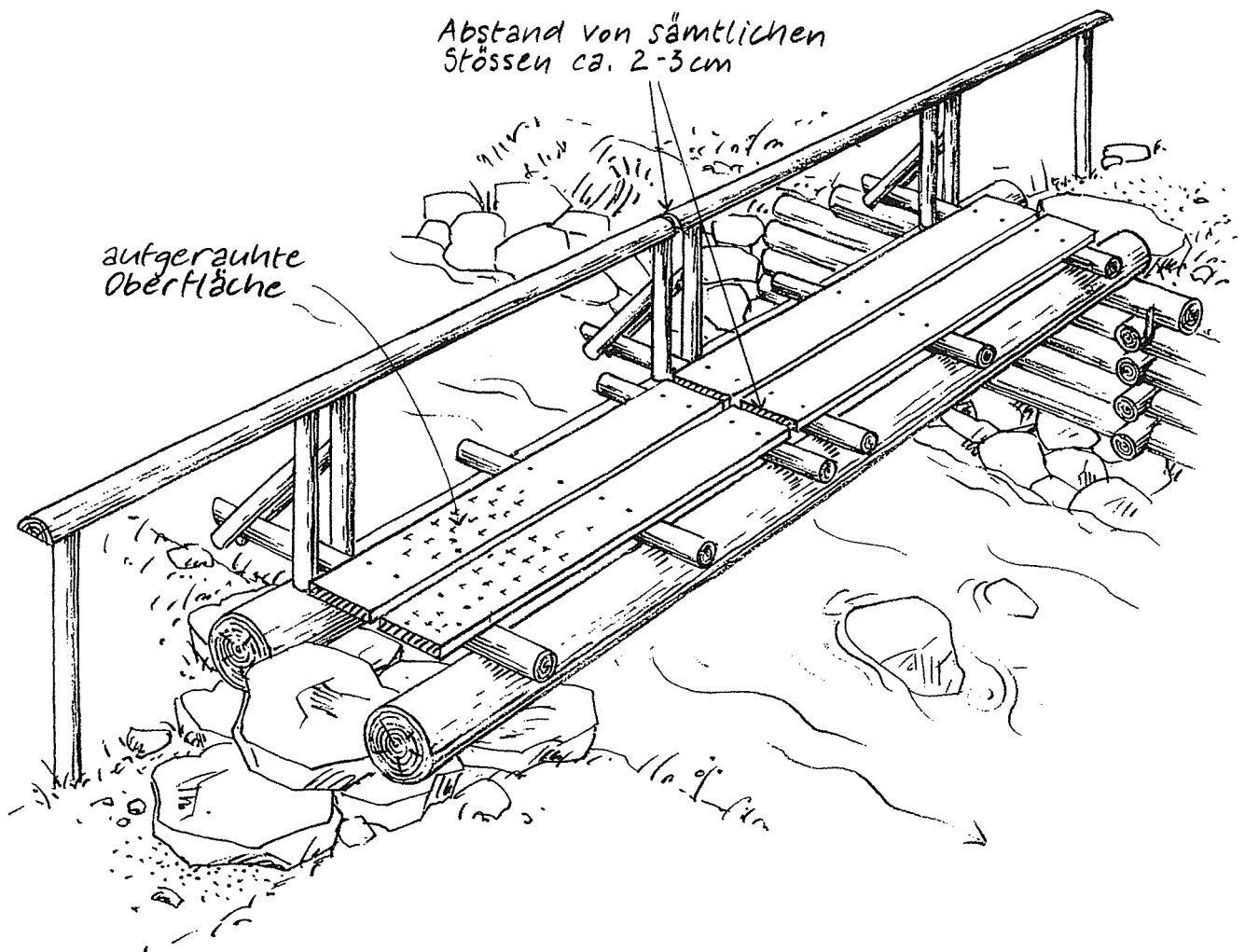
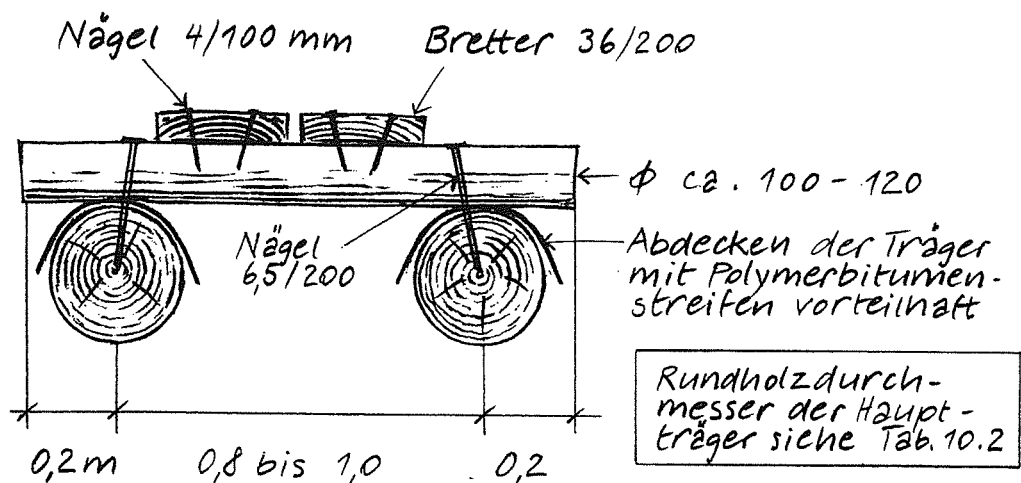


Abb. 10.12 3 : Rundholzbrücke

Querschnitt ohne Geländer



Querschnitt mit Geländer

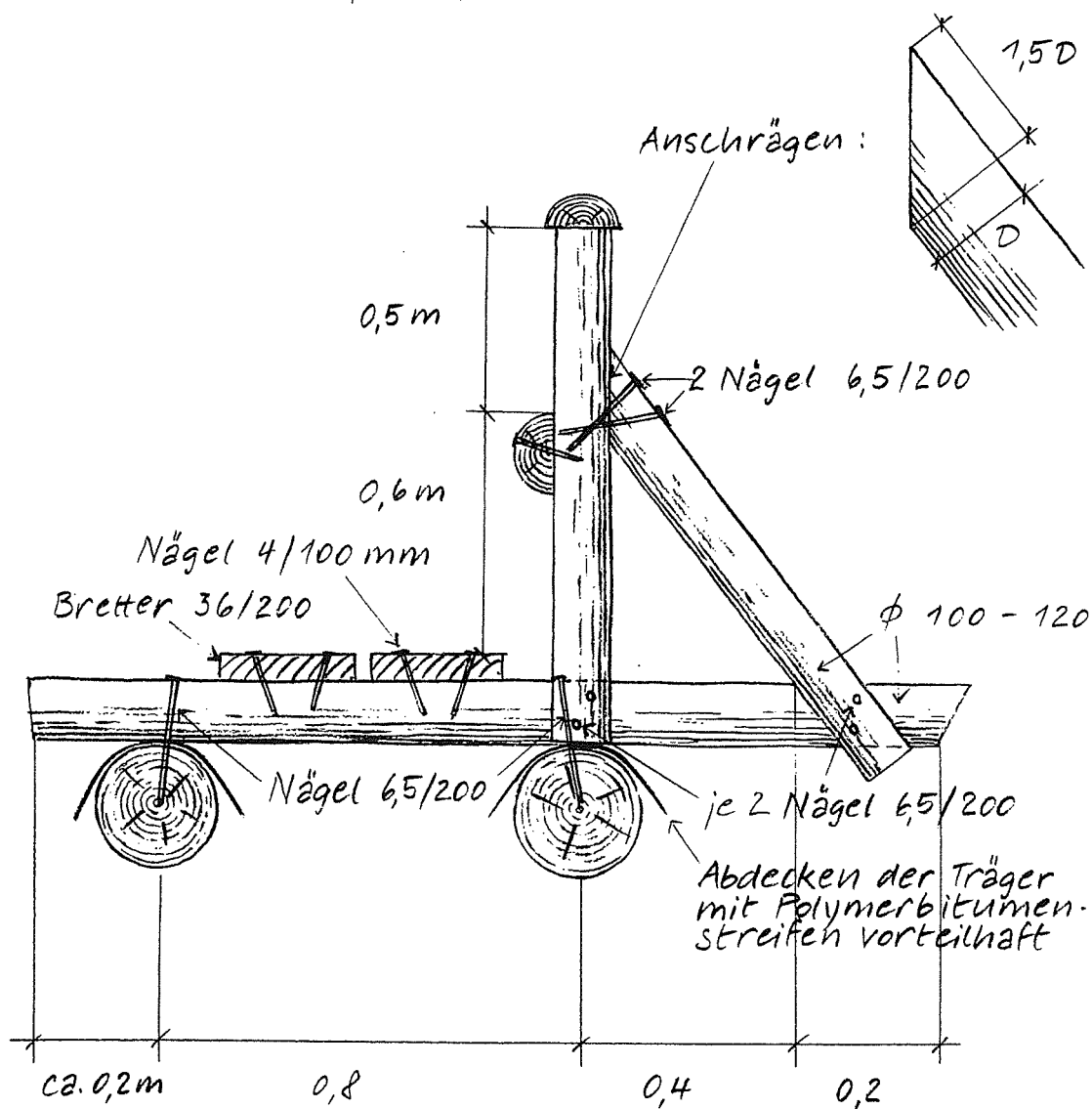


Abb. 10.12 b: Runaholzbrücke

10.4.3 Standardbrücke aus Schnittholz (Ausführungstyp A)

- Merkmale
- Baumaterial zugeführt
 - Hölzer druckimprägniert
 - Spannweiten bis 15 m
 - Verwendung von (nur) drei Standardquerschnitten mit folgenden Vorteilen:
geringes Gewicht, leichte Bearbeitbarkeit, gute Imprägnierbarkeit, hohe Biegefestigkeit, Lagerung auf Vorrat möglich
 - Verwendung von (nur) fünf verschiedenen Verbindungsmitteln

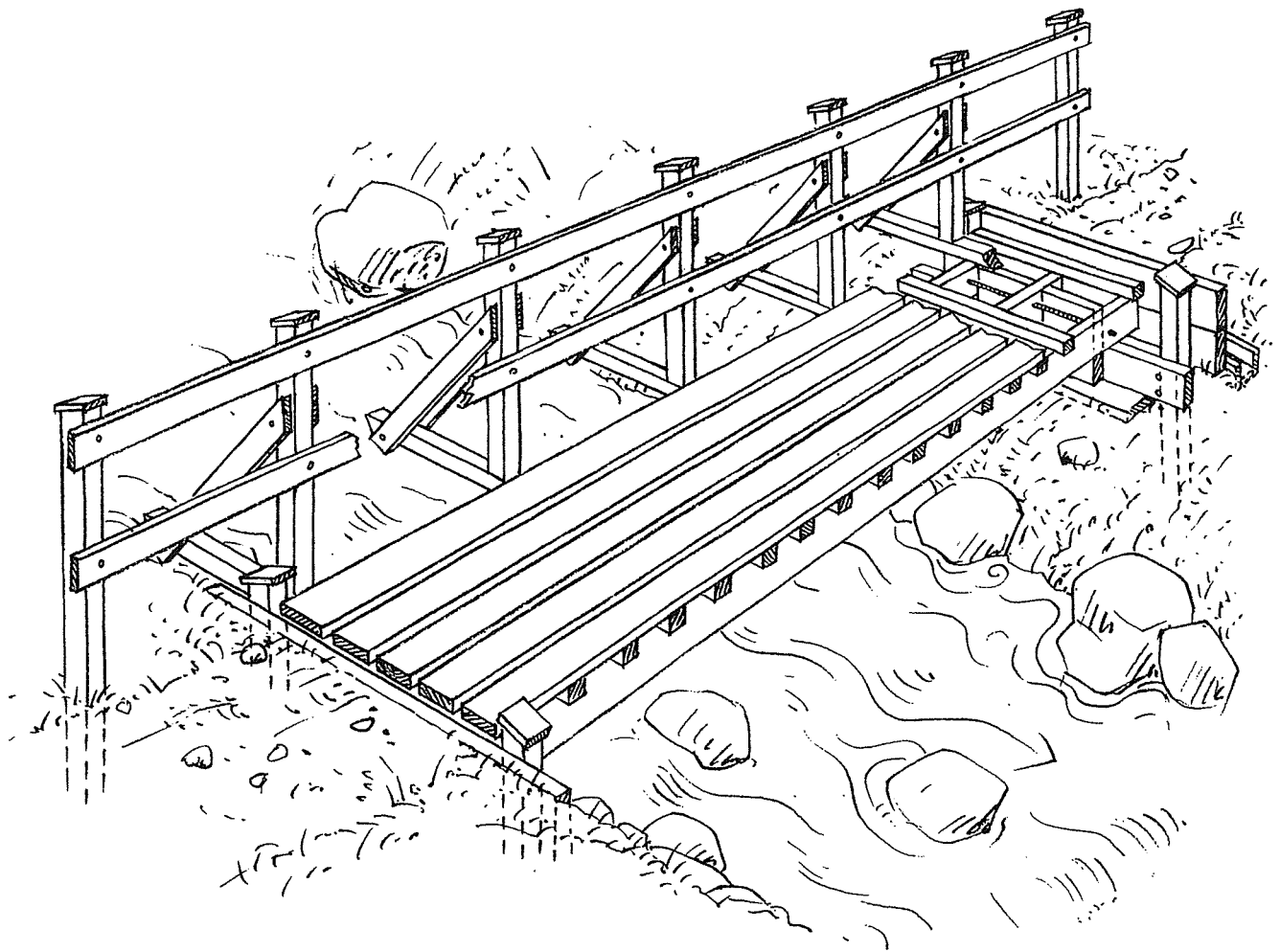


Abb. 10.13 a : Standardbrücke aus Schnittholz

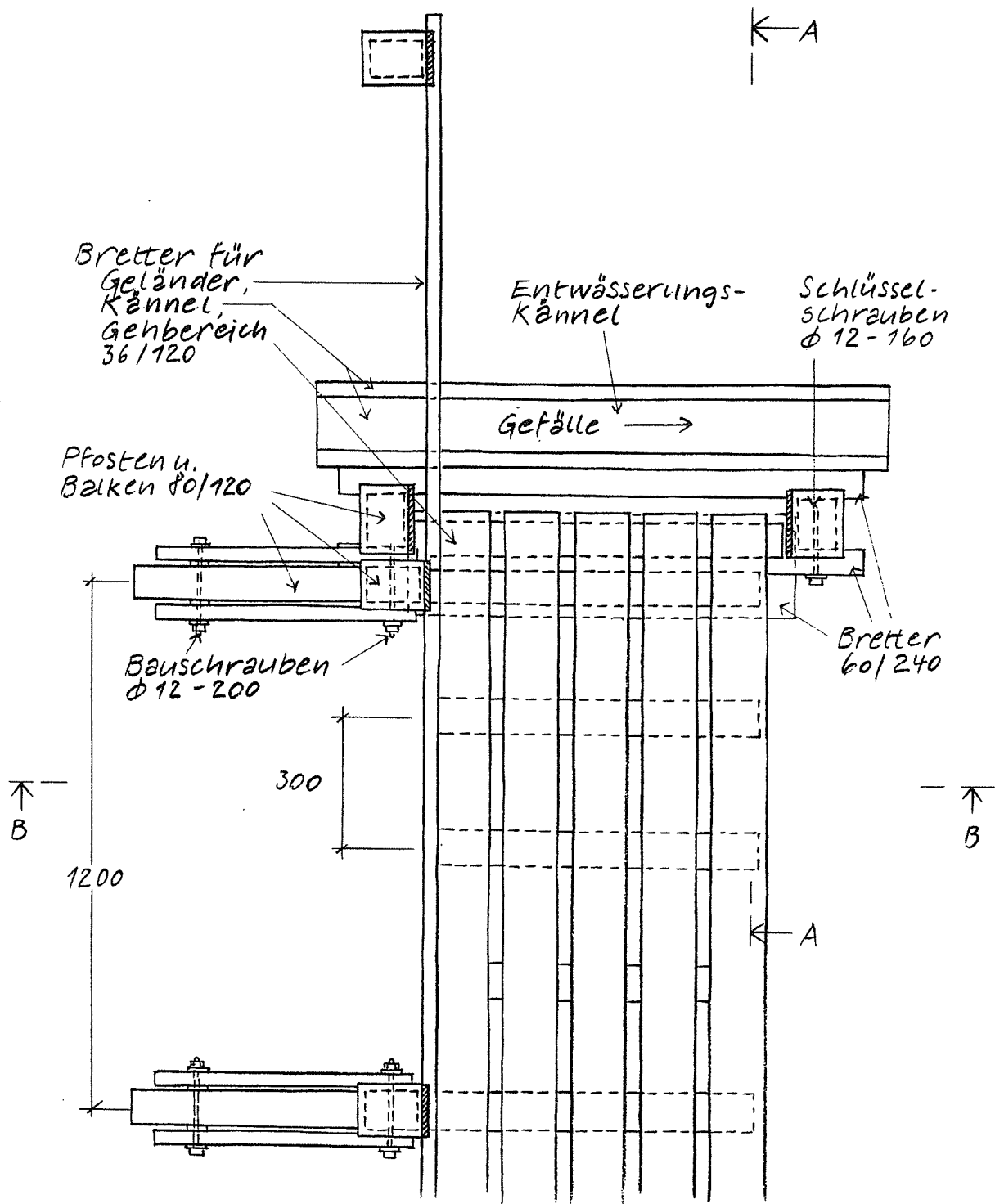


Abb. 10.13b : Standardbrücke aus Schnittholz ; Aufsicht



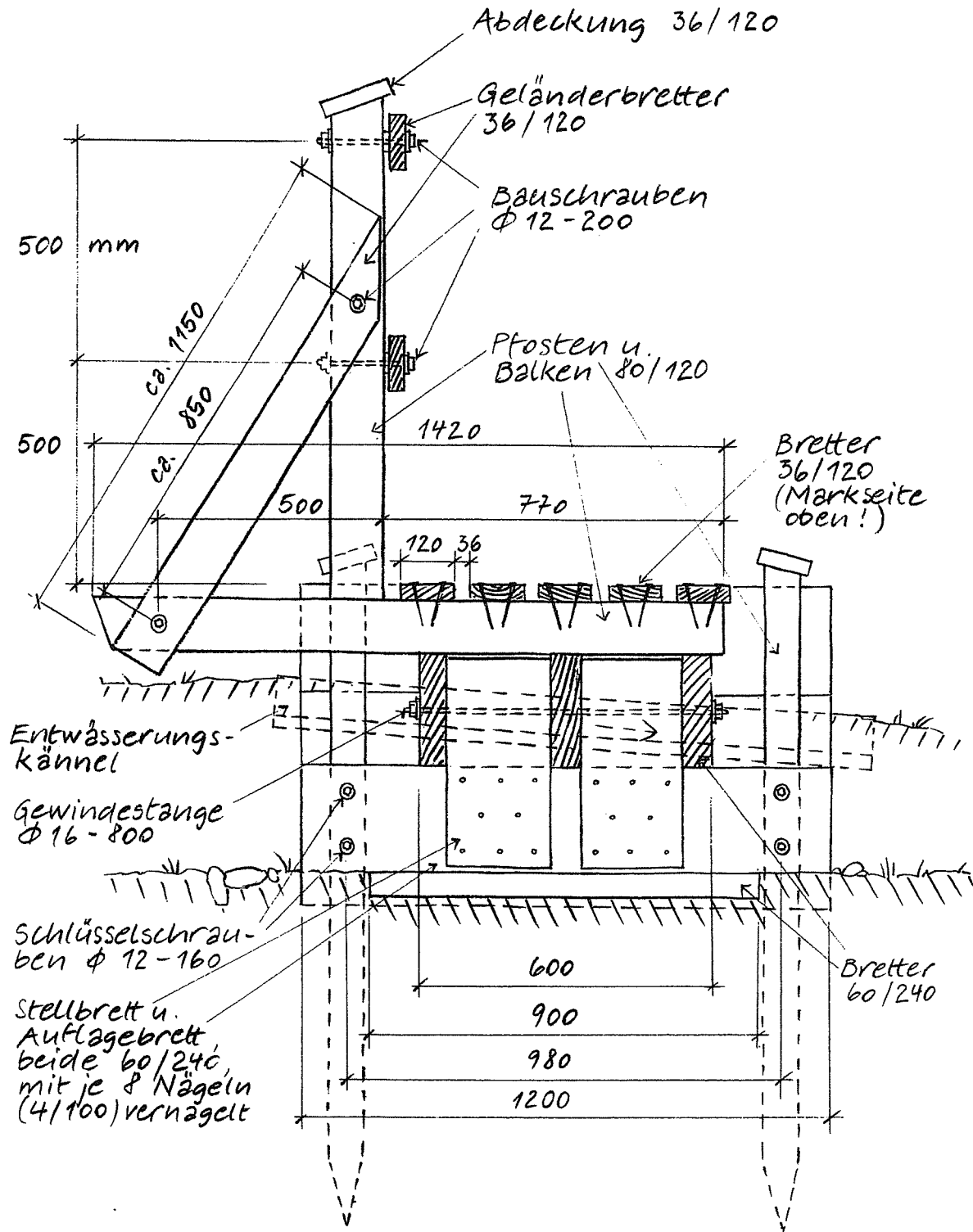


Abb. 10.13 d: Standardbrücke aus Schnittholz; Schnitt B-B

Tabelle 10.4 : Standardbrücke aus Schnittholz; Wahl der Hauptträger in Abhängigkeit der Spannweite

Einspurig (E)

E/3

E/6

Geländer einseitig

Zweispurig (Z)

Z/4

Z/8

Geländer beidseitig

Mittelland
Engadin
frz. Wallis

Voralpen
Alpen
Jura

Spannweite [m]

bis 6

7

8

9

10

11

E bis 700 m ü.M.

bis 500 m ü.M.

E₃

E₃

E₃

E₆

E₆

E₆

über 700 m ü.M.

über 500 m ü.M.

E₃

E₃

E₆

E₆

E₆

-

Z bis 700 m ü.M.

bis 500 m ü.M.

Z₄

Z₄

Z₈

Z₈

Z₈

-

über 700 m ü.M.

über 500 m ü.M.

Z₄

Z₈

Z₈

-

-

-

Bemessungsgrundlagen
(je nach Meereshöhe Nutz- oder Schneelast
massgebend, Lastannahmen siehe Kapitel 7)

- Lastbreite $B = 0.8$ m (einspurig) bzw. $B = 1.4$ m (zweispurig)
- Eigengewicht Brücke berücksichtigt
- zulässige Biegerandspannungen $\sigma_b = 10 \text{ N/mm}^2$
- Lastdauerbeiwert $C_D = 1.0$
- Holzfeuchtebeiwert $C_W = 0.8$

11 TREPPEN UND LEITERN

Treppen und Leitern erleichtern dem Benutzer von Wanderwegen das Ueberwinden von grösseren Steigungen. Treppen im Erdreich verhindern zudem durch die Abstufung und die seitliche Begrenzung (Wange) das Wegschwemmen und Abtragen (*Erosion*) von Erdmaterial. Bei freigespannten Treppen und Leitern wird die natürliche Bodenstruktur und Pflanzendecke nur an den Auflagerpunkten beeinträchtigt; dadurch wird die Erosionsgefahr vermindert. Treppen sind allerdings verhältnismässig teure Bauwerke. Umwege mit einzelnen Abstufungen (Kap. 12.2.3) sind deshalb manchmal billiger und sicherer als aufwendige Treppenbauten.

Die *Trittmasse* von gut begehbaren Treppen im Wanderwegbau lassen sich nach denselben Regeln berechnen wie von Treppen in Häusern:

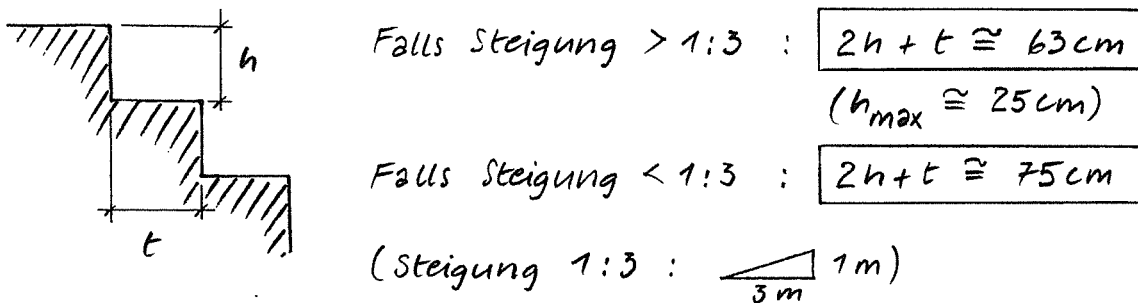


Abb. 11.1 : Formeln zur Berechnung der Trittmasse

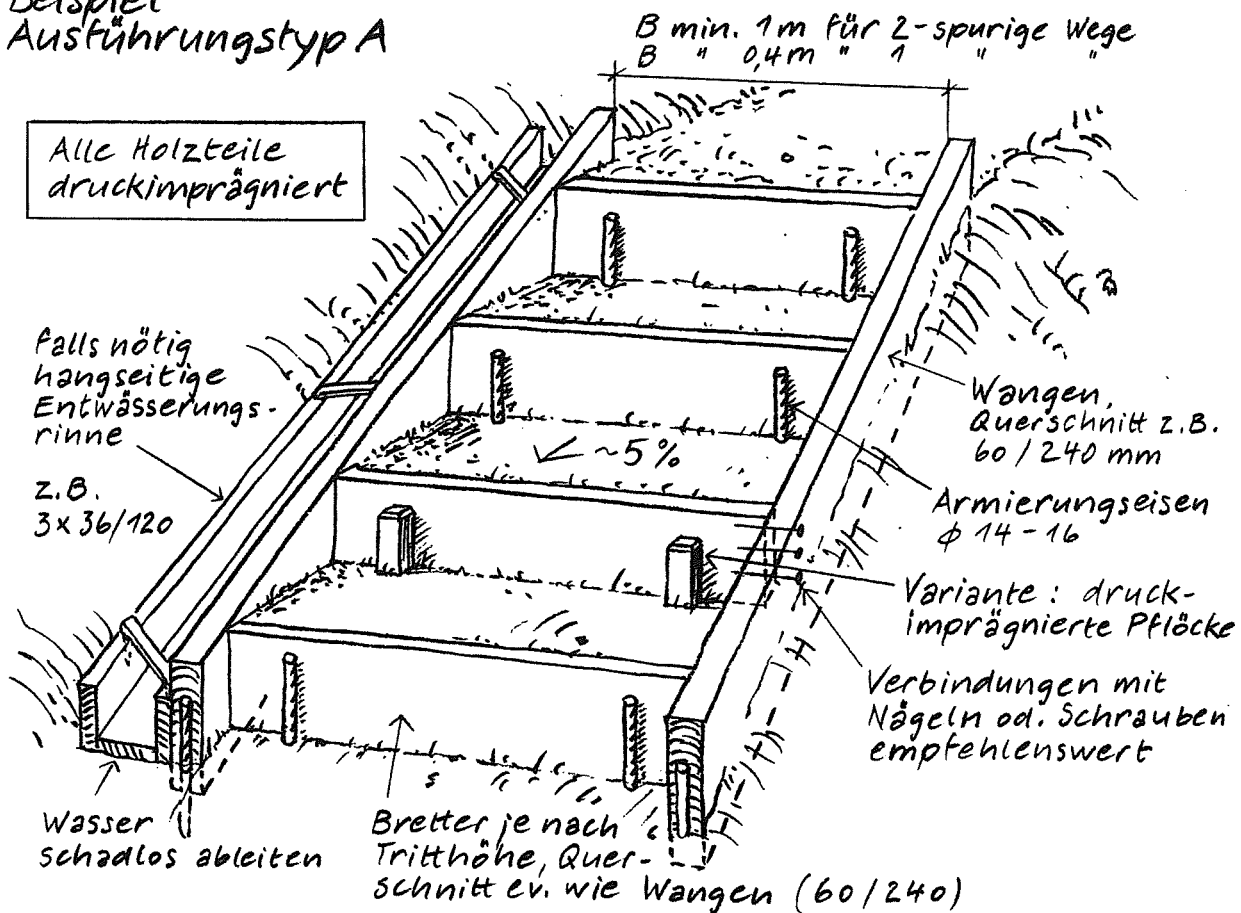
Im Freien sind Treppen jedoch oft flacher, so dass diese Regel nicht immer einzuhalten ist. Stufenhöhe (h) und -tiefe (t) werden durch das Gelände bestimmt. Je flacher das Gelände, desto kleiner die Stufenhöhe; sie sollte jedoch 10 cm nicht unterschreiten. Bei langen Treppenpassagen werden nach etwa 10 bis 15 Stufen nach Möglichkeit Treppenpodeste eingerichtet.

11.1 Treppen im Erdreich

Treppen sind der Erdfeuchtigkeit besonders ausgesetzt. Für dauerhafte Bauwerke sind deshalb wirksame Holzschutzmassnahmen wichtig (vgl. Kap. 5).

Das Nutzungsrisiko für Treppen im Erdreich ist in der Regel klein. In den meisten Fällen kann auf eine Verbreiterung des Wegtrassees und auf Geländer verzichtet werden.

Beispiel Ausführungstyp A



Beispiel Ausführungstyp B

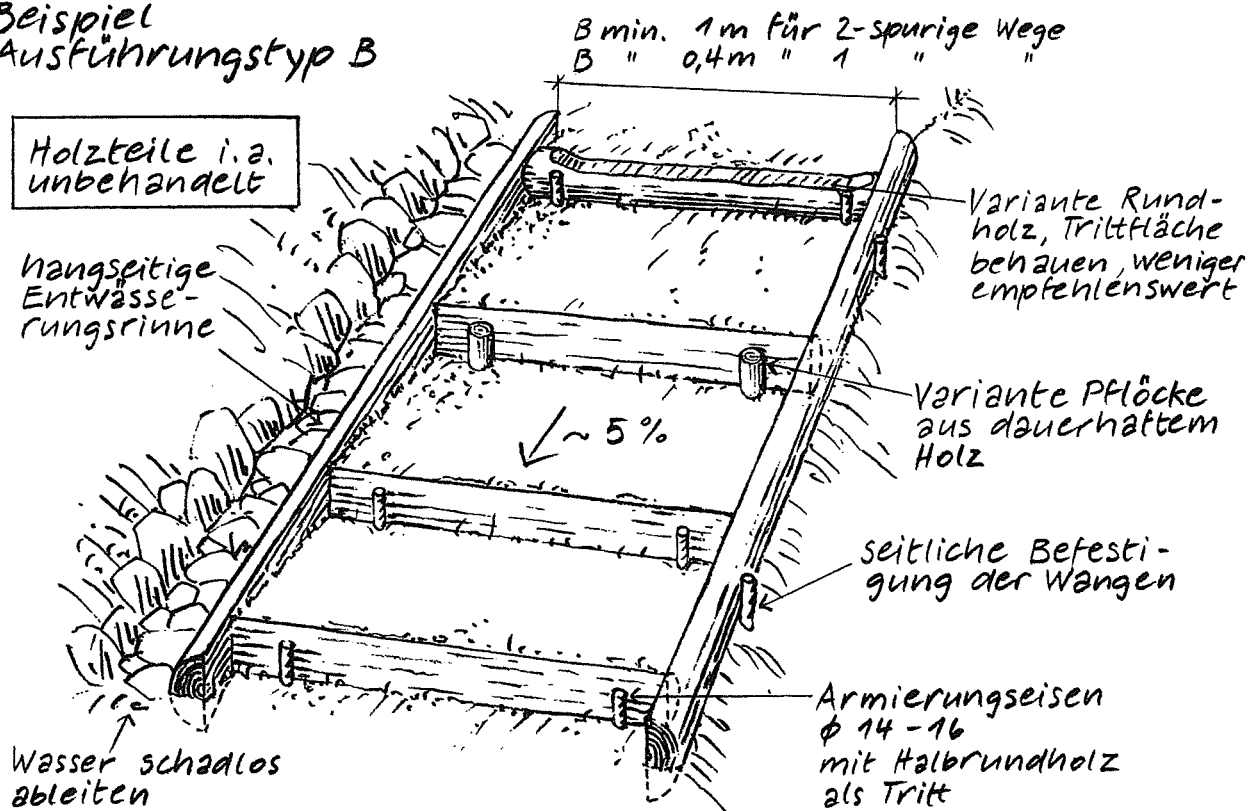
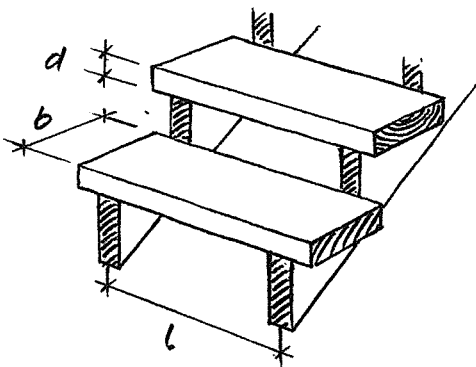


Abb. 11.2 : Treppen im Erdreich

11.2 Freigespannte Treppen

Freigespannte Treppen sind in ihrem Tragverhalten und bezüglich Holzschutzmassnahmen den Brücken ähnliche Konstruktionen. Dementsprechend sind die Auflager besonders kritisch. Liegt die Treppe nur wenig über dem Gelände und ist sie mindestens 80 cm breit, kann auf ein Geländer verzichtet werden. Bei einspurigen Treppen genügt normalerweise ein einseitiges Geländer.

Tabelle 11.1: Erforderliche Brettdicken d [mm] bei Treppen in Abhängigkeit der Spannweite l und der Breite b



Brettbreite b [mm]	Spannweite l [m]					
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
100	40	50	60	60	-	-
120						
140	36	40	50	50	60	60
160						
180	30	36	40	50	50	50
200						
220	30	36	36	40	50	50
240						
260	30	30	36	36	40	40
280						

Bemessungsgrundlagen

- Lastannahmen siehe Kapitel 7 (je nach Meereshöhe ist Nutz- oder Schneelast massgebend)
- Einzellast 1 kN
- Stossfaktor $\Phi = 4.0$
- Grundwert der zulässigen Biegerandspannungen $\sigma_b = 10 \text{ N/mm}^2$
- Lastdauerbeiwert $C_D = 1.4$
- Holzfeuchtebeiwert $C_W = 0.8$

Schnitt Geländerbefestigung

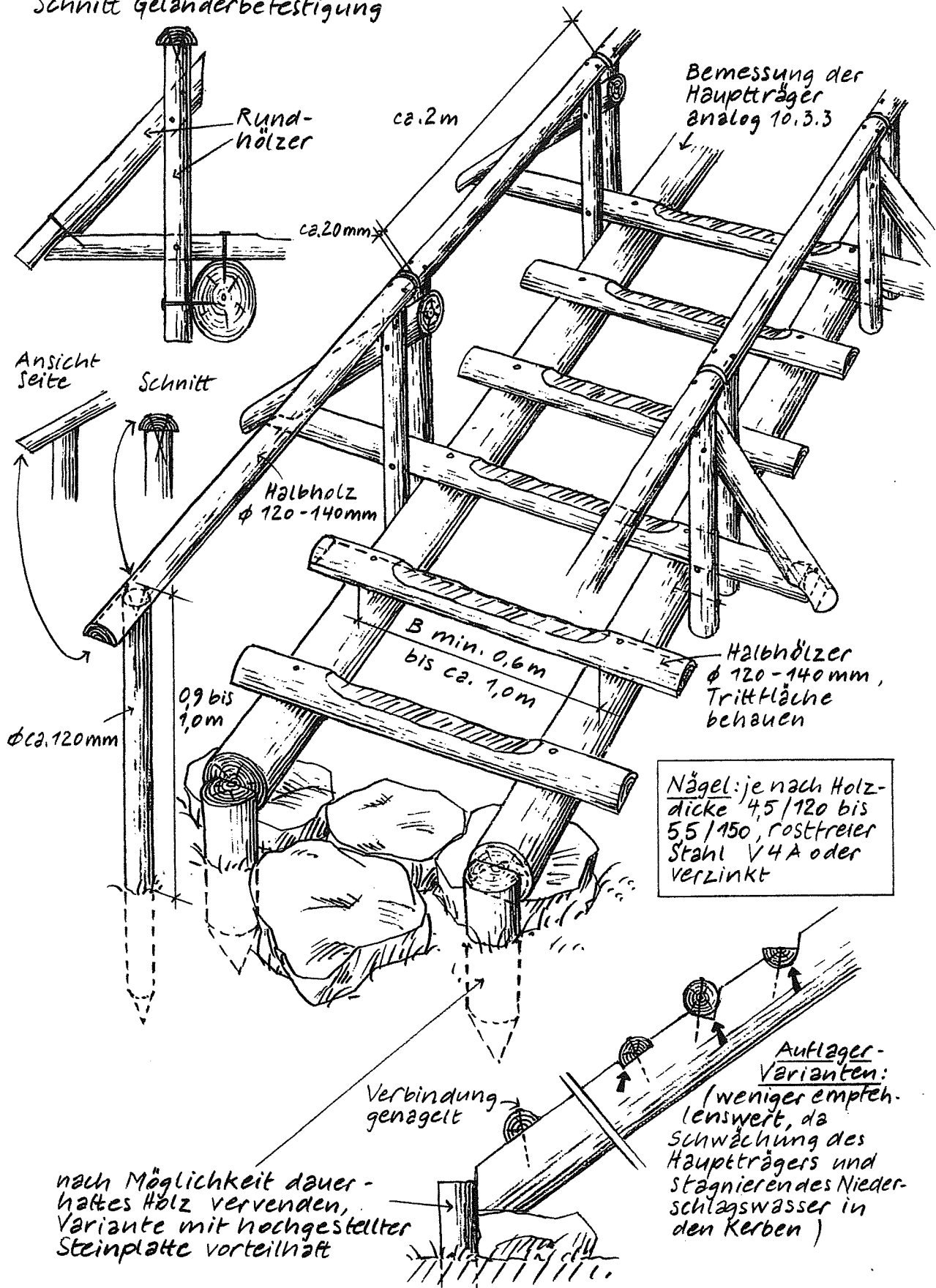
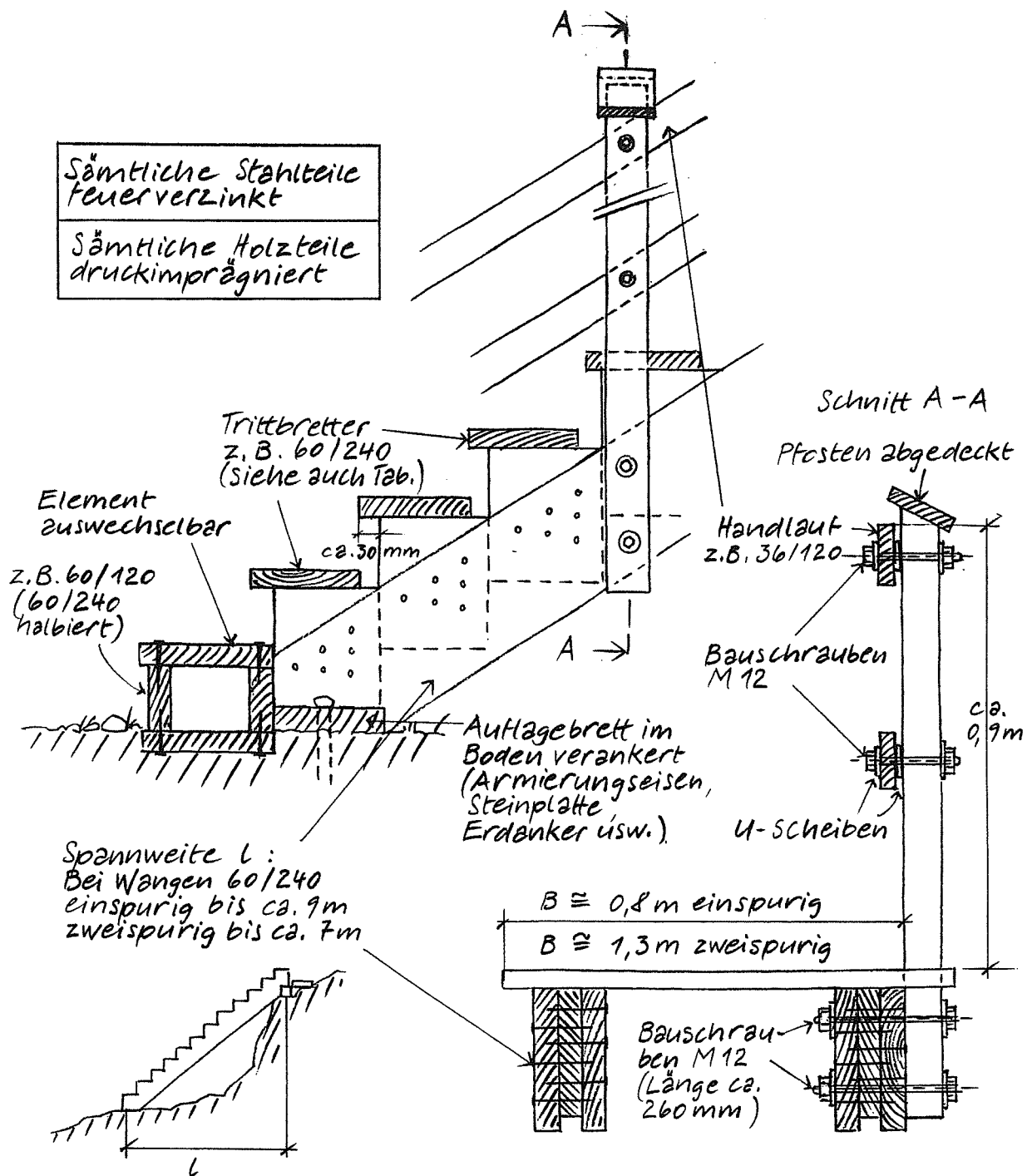
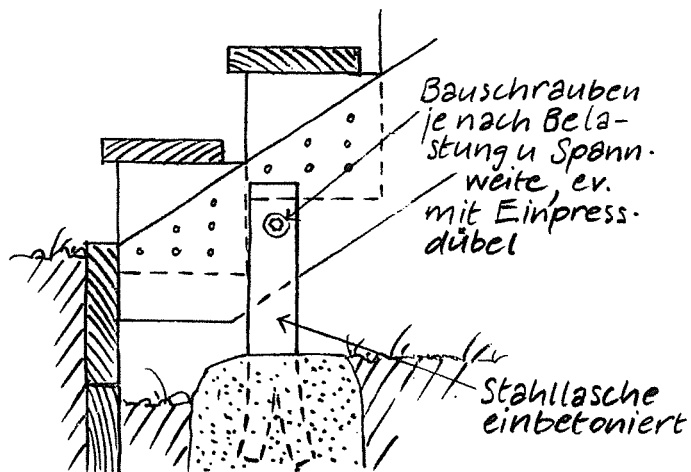


Abb. 11.3 : Beispiel freigespannte Treppe , Ausführungstyp B



Variante Auflager



Variante mit Stellbrett

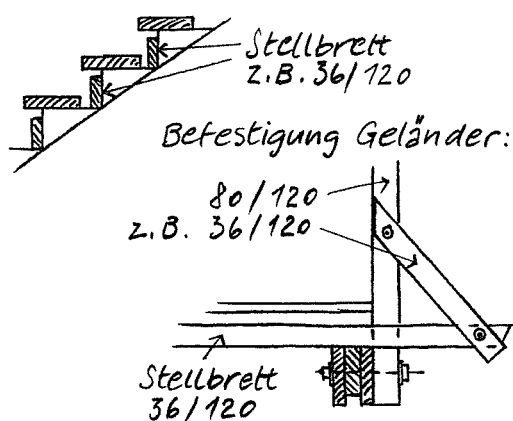


Abb. 11.4 : Beispiel freigespannte Treppe, Ausführungstyp A

11.3 Leitern

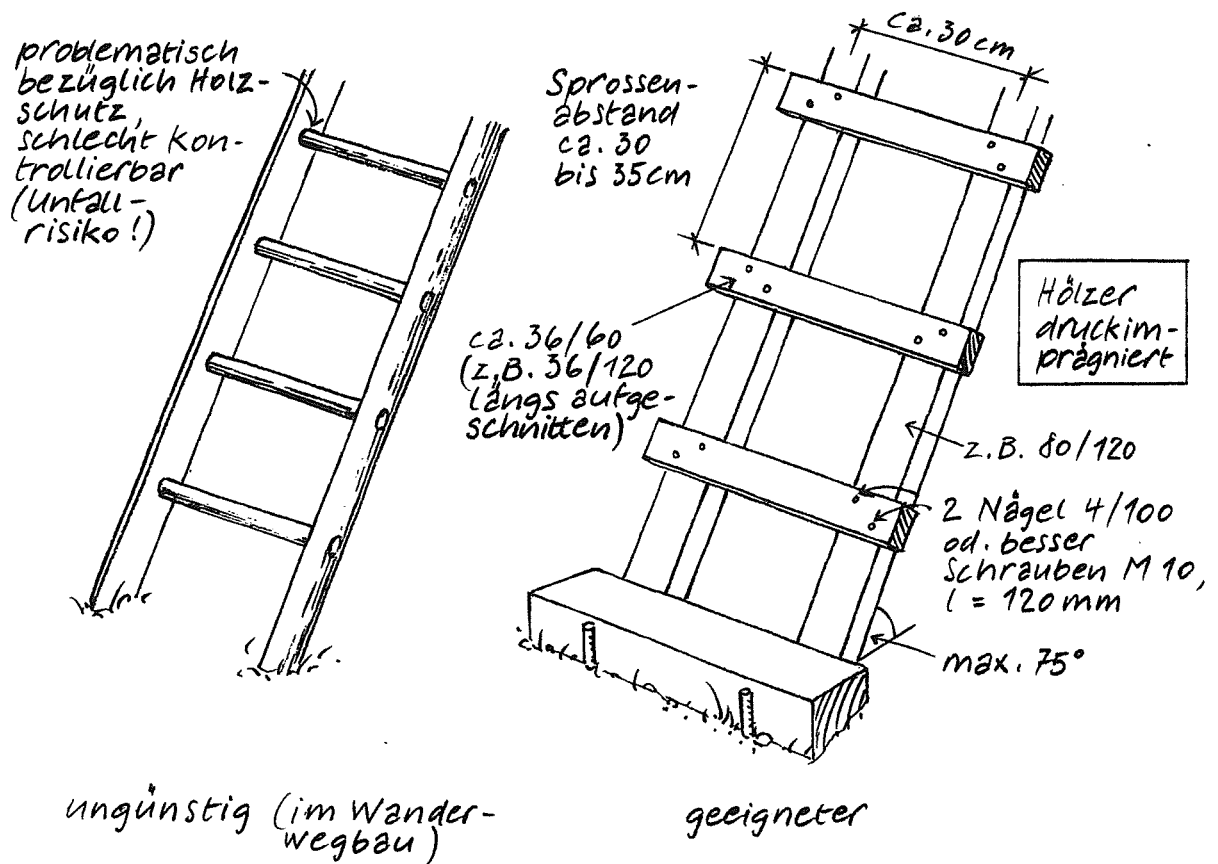


Abb. 11.5 : Leitern (siehe auch freigespannte Treppe Abb. 11.3)

12 SICHERUNGSBAUTEN IM GELÄNDE

Wege und Wanderwegbauten sind oft durch Hangrutschungen und Erosion infolge Oberflächen- und Stauwasser sowie Abnutzung gefährdet. Bodenmaterialien sind besonders dort der *Erosion* ausgesetzt, wo die schützende Pflanzendecke fehlt bzw. entfernt wurde, was beim Wegbau häufig nicht zu vermeiden ist. Andere Stellen sind aufgrund ihrer natürlichen Gegebenheiten erosionsgefährdet (z.B. steile und vernässte Hänge, Anrissstellen bei Bächen); sie können häufig durch geeignete Linienführung gemieden werden. Weitere Massnahmen zur Verhinderung oder Eindämmung der Erosion sind:

- Entwässerung (unterirdische Drainage, Oberflächenentwässerung),
- Sicherungsarbeiten mit Methoden des Lebendverbaus (auch bekannt als ingenieurblogische Massnahmen oder Grünverbau),
- Stützbauten aus Felsblöcken, Steinkörben, Holz oder Beton.

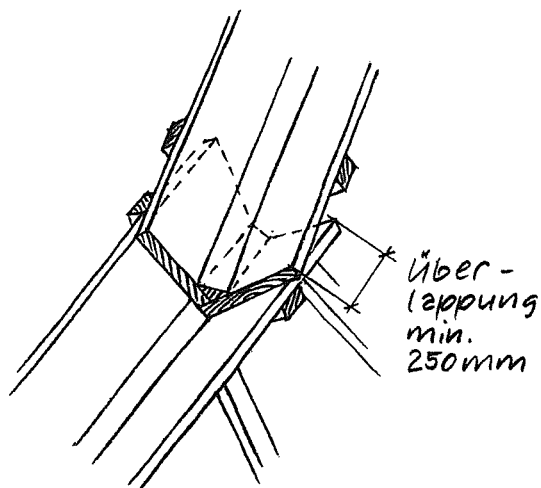
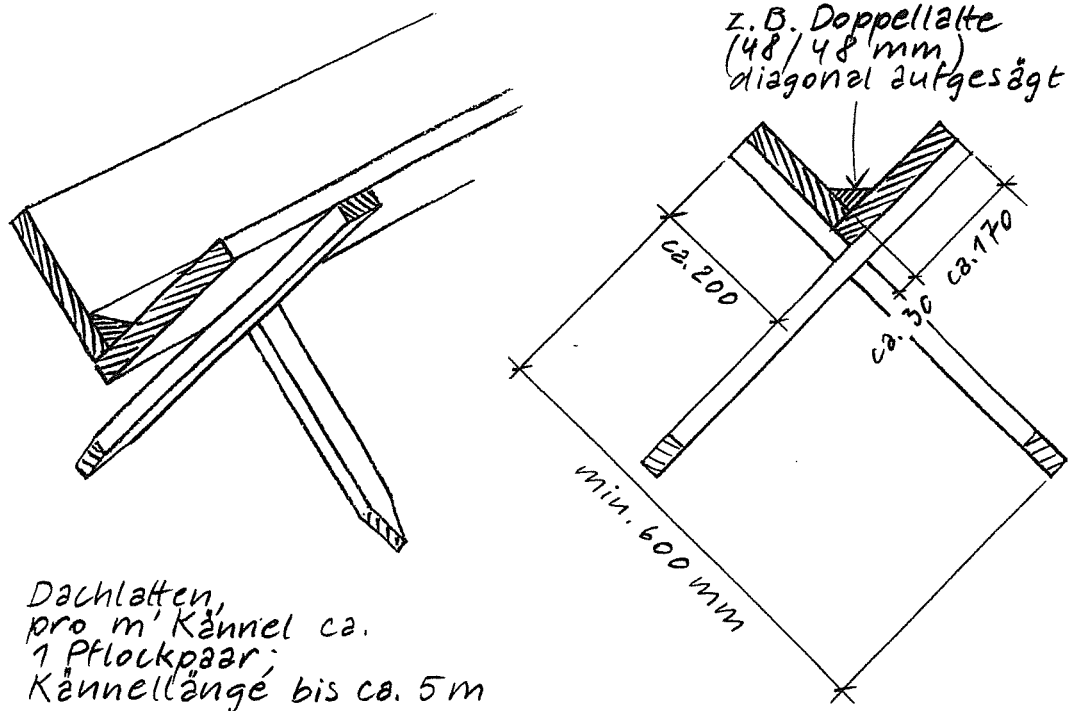
Ein breites Anwendungsgebiet für Holz findet sich in *Kombination mit Methoden des Lebendverbaus*. Dabei können die Holzkonstruktionen eine zeitlich befristete Stützfunktion ausüben, bis die Erde durch Wurzeln genügend stabilisiert ist. Unter diesen Umständen können die Verrottung und damit die problemlose Entsorgung der hölzernen Stützbauten erwünscht sein. Die Grenzen des Holzeinsatzes liegen bei den hohen Beanspruchungen und Risiken (z.B. bei ausgedehnten Hangrutschungen, grösseren Hochwasserschutzmassnahmen, hohen Stützmauern etc.). Solche Situationen sind aber im Wanderwegbau nur selten anzutreffen.

12.1 Hangsicherungen

12.1.1 Entwässerungen

Ursachen von Hangrutschungen, Murgängen oder Materialabtrag sind langandauernde Regenfälle oder grössere Mengen von Schmelzwasser. Die wirksamste Massnahme ist, die anfallenden Wassermengen oberflächlich oder unterirdisch (in *Drainageröhren*) möglichst rasch und schadlos abzuleiten. Als Drainageröhren dienen gelochte Beton- oder Kunststoffröhren. Eine weitere Möglichkeit ist das Einbringen von wasserdurchlässigen Sickermaterialien wie Geröll, sauberem Kies oder Sickerbeton.

Für die *Oberflächenentwässerung* gibt es zahlreiche Arten von Känneln [14]. In den meisten Fällen genügt im Wanderwegbau eine einfache Oberflächenentwässerung, allenfalls unterstützt durch Massnahmen des Lebendverbaus. In flachem Gelände und für kleine Wassermengen eignen sich von Hand ausgehobene, ungesicherte Gräben, deren Erosionsgefährdung durch Grasbewuchs vermindert wird. In steilem Gelände sind Steinpflasterungen des Grabens oder Kännels notwendig.



oben keine Querverbindungen
(Verstopfungsgefahr)

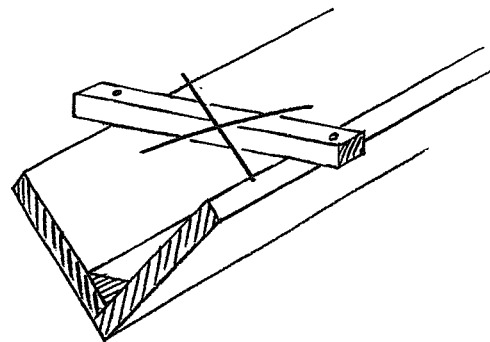
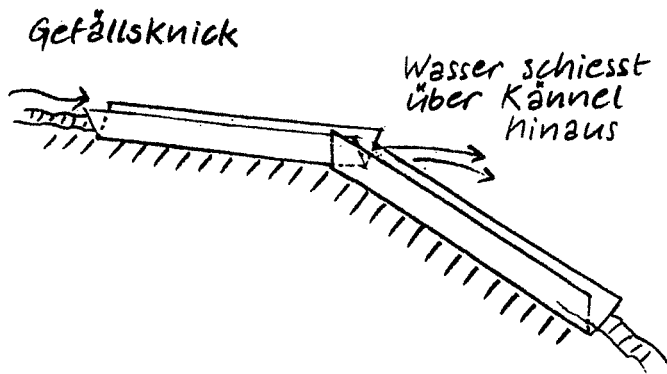
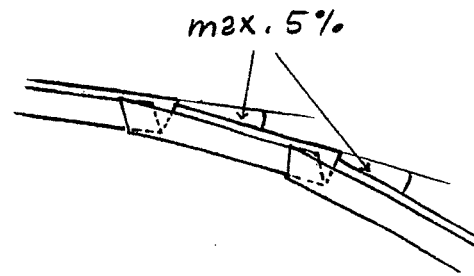


Abb. 12.1: Bau eines Holzkännels mit V-Querschnitt

V-Kännel werden normalerweise aus unbehandelten Brettern zusammengenagelt. Aufgrund der einfachen Konstruktionsweise lassen sich beschädigte oder vermorschte Kännel leicht ersetzen. An abgelegenen und schlecht zugänglichen Stellen kann sich die Verwendung von druckimprägnierten Brettern lohnen.

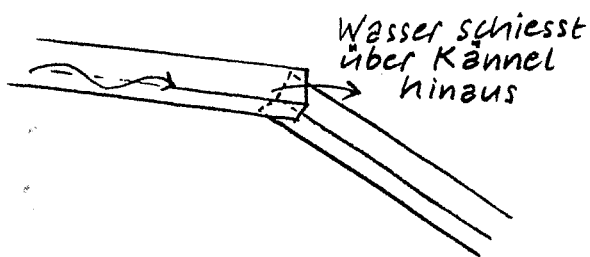


ungünstig

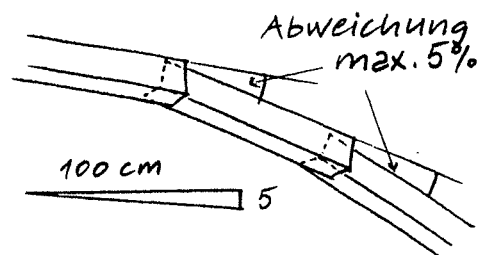


geeigneter

Kurven



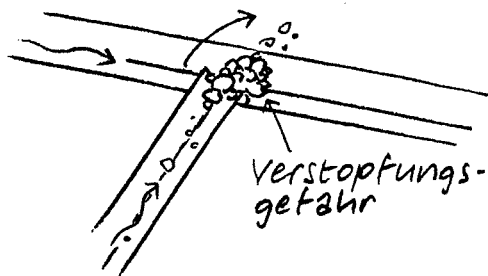
ungünstig



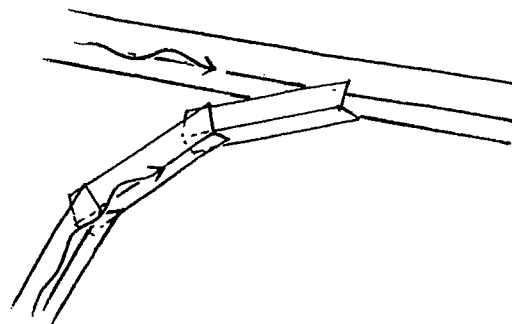
bei engen Kurven
Elemente verkürzen

geeigneter

Einmündungen von Seitenbächen



ungünstig



geeigneter

Abb. 12.2: Entwässerungsbauten

In kleinen Rutschgebieten helfen bereits einfache Methoden des Lebendverbaus wie z.B. Weidenstecklinge. Diese schnellwachsenden Pflanzen durchwurzeln und stabilisieren das Erdmaterial und helfen mit, den Wasserhaushalt des Bodens auszugleichen. Bei umfassenden Hangentwässerungen empfiehlt es sich, einen Fachmann (Förster, evtl. Forst- oder Kulturingenieur) beizuziehen.

Bei allen Entwässerungsbauten ist dem *Unterhalt* und der *Reinigung* grosse Beachtung zu schenken. Dies gilt besonders nach heftigen Gewittern, im Spätherbst oder Frühjahr, wenn anfallendes Laub und Astwerk das Abfließen des Schmelz- und Regenwassers verhindert. Nur eine dauernde Entwässerung vermag die Erosion wirksam einzudämmen.

12.1.2 Holzkasten

Wo der natürliche Erosionsschutz durch Pflanzen und Entwässerungsmassnahmen nicht ausreicht, werden Rutschungen und andere Erdbewegungen durch Stützbauwerke verhindert. Diese können als Holzkasten-Bauwerke, als Stützmauern aus Beton oder als Drahtsteinkörbe ausgeführt werden. Da Holzkästen Setzungen ohne Schaden überstehen, sind sie besonders auch für empfindliche Böden mit schwierigen Fundamentsbedingungen geeignet. Ihre offene Bauweise erlaubt den Einbau von Buschlagen. Aufgrund der Durchwurzelung wird das Füllmaterial zusammengehalten. Das ganze Bauwerk wirkt dann wie eine Schwergewichtsmauer. In mässig steilem Gelände erübrigt sich in der Regel eine Erneuerung der Holzkonstruktion, da die stark wurzelnden Pflanzen dem Erdreich genügend Halt vermitteln.

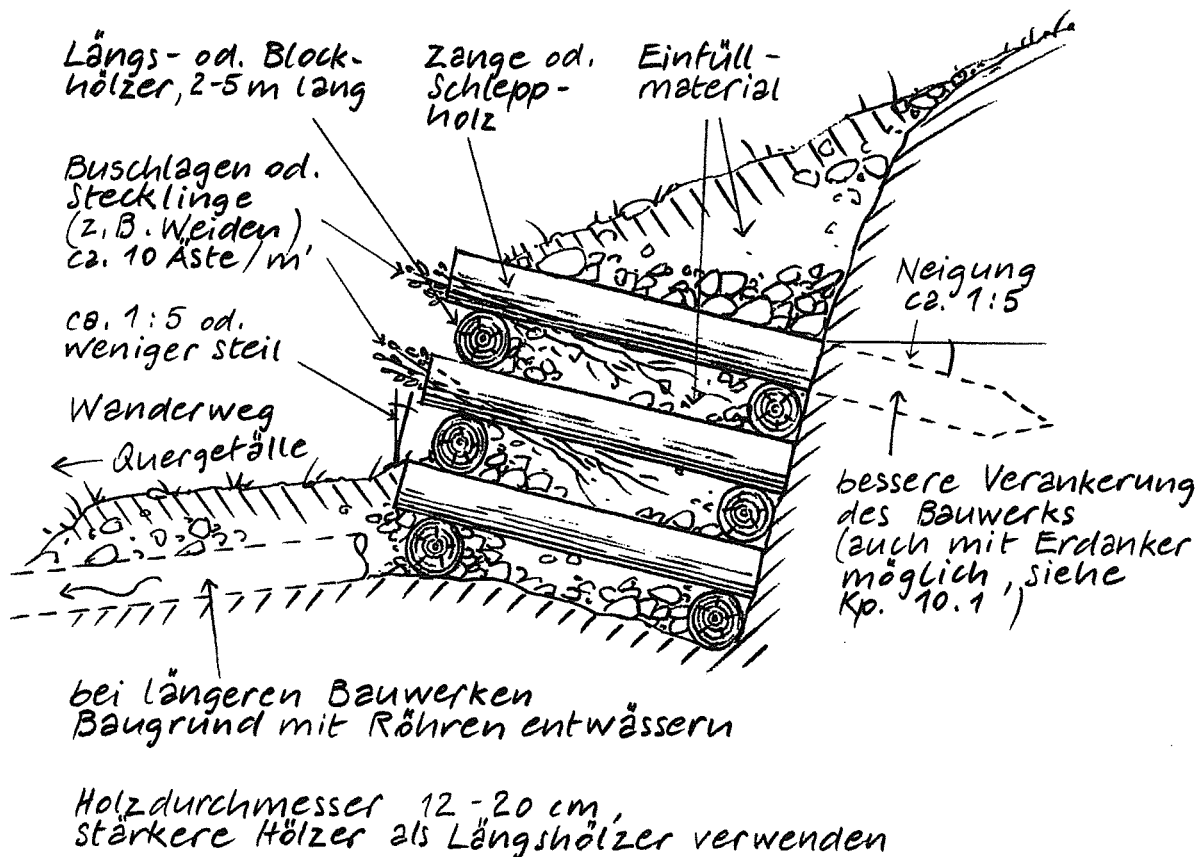
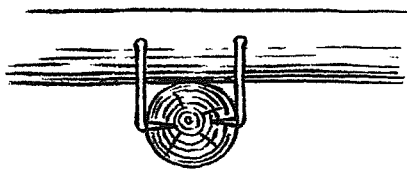
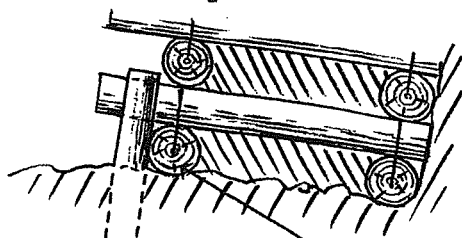
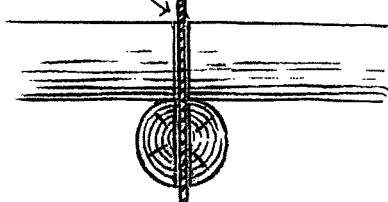


Abb. 12.3: Merkmale beim Bau von Holzkasten-Stützbauwerken

Winkelklammern

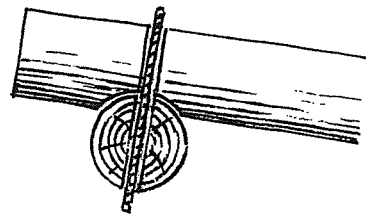


Armierungseisen
 $\varnothing 14 - 16 \text{ mm}$

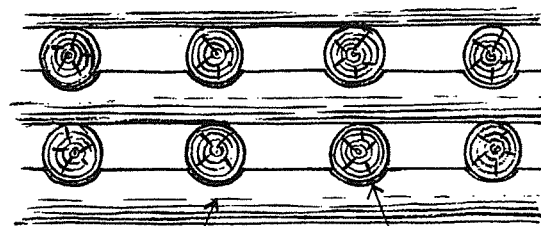


das unterste Längs-
 holz kann auch durch
 einen Pflock gesichert
 werden

Verbesserung der Verbindung durch Einkerbung in der Zange



Einkerbungen in den
 Längshölzern bezüglich
 Holzschutz ungünstig



Schwächung
 des Quer-
 schnitts

Wasseran-
 sammlung

Abb. 12.4 : Verbindungsvarianten für Holzkasten-Stützbauwerke

Grundriss

gespreizte oder versetzte Anordnung

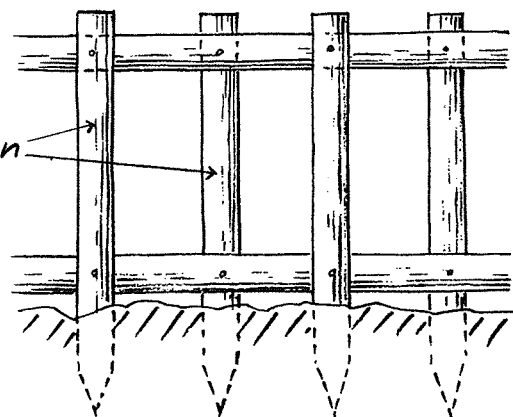
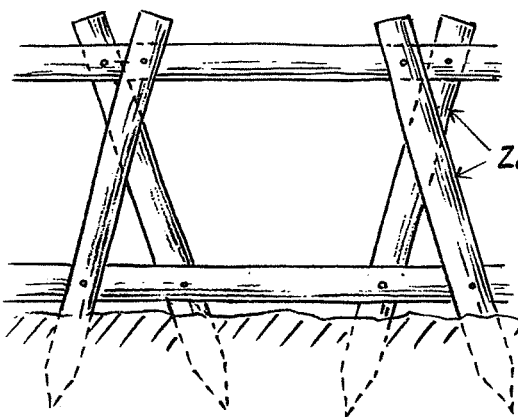
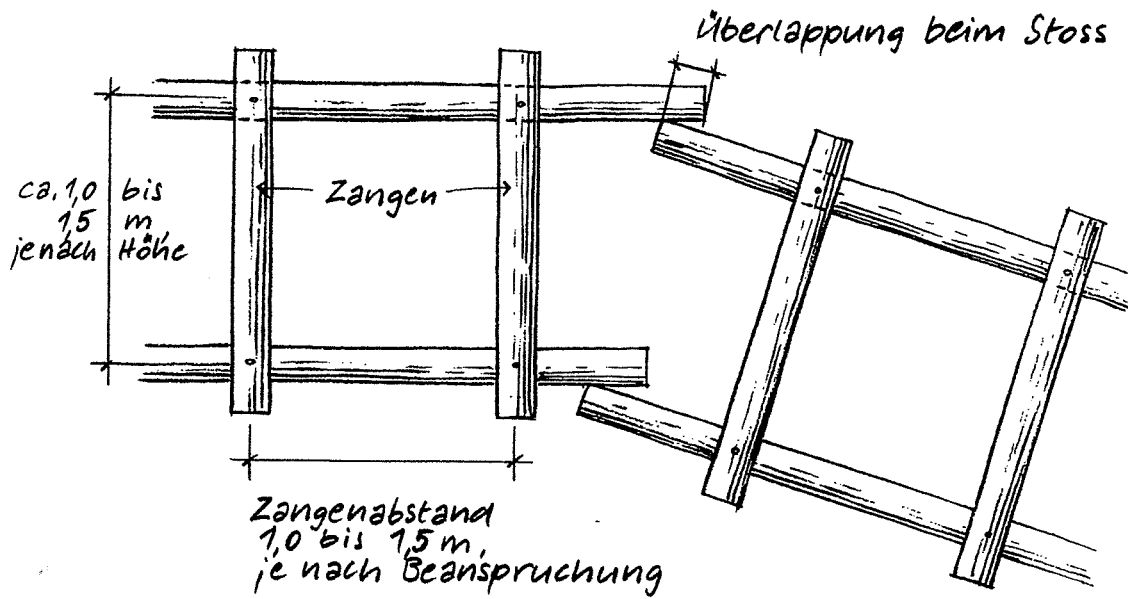


Abb. 12.5 : Verbesserung der Verankerung bei Holzkasten-Stützbauwerken

Grundriss



Verbesserter Stoss durch Verblättung und Einpressdübel (Bulldog)

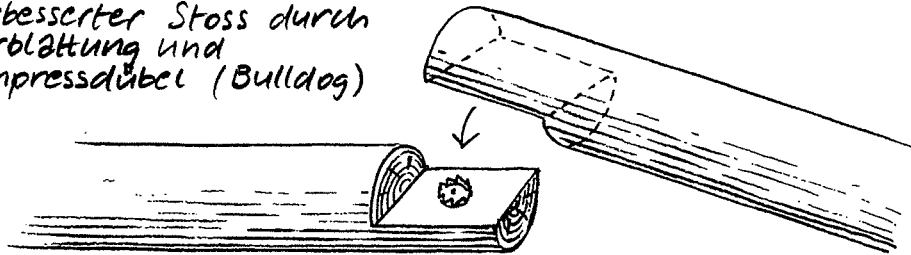
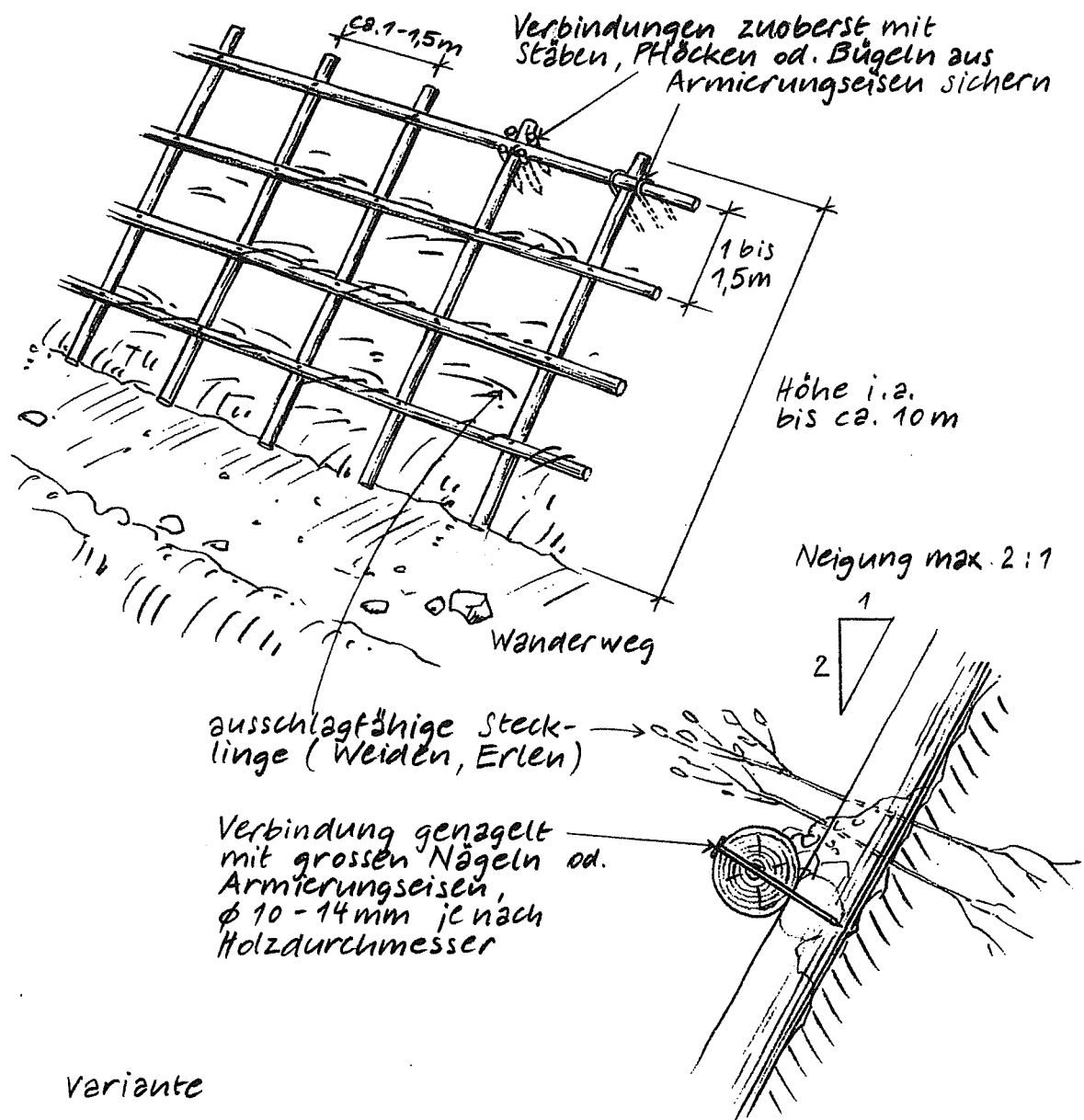


Abb. 12.6 : Gestaltung der Ecken bei Holzkasten-Stützbauwerken

12.1.3 Hangrost

In steilen Böschungen kann ein Hangrost den Oberflächenabtrag von Erdmaterial verhindern. Ein Hangrost ist ein Gitter aus Rundhölzern oder Armierungseisen, das auf die Böschung gelegt und befestigt wird. Dazwischen werden ausschlagfähige Holzarten wie Weide oder Erle eingebracht. Sie übernehmen nach der Vermorschung des Holzgitters die Stützfunktion.



Variante

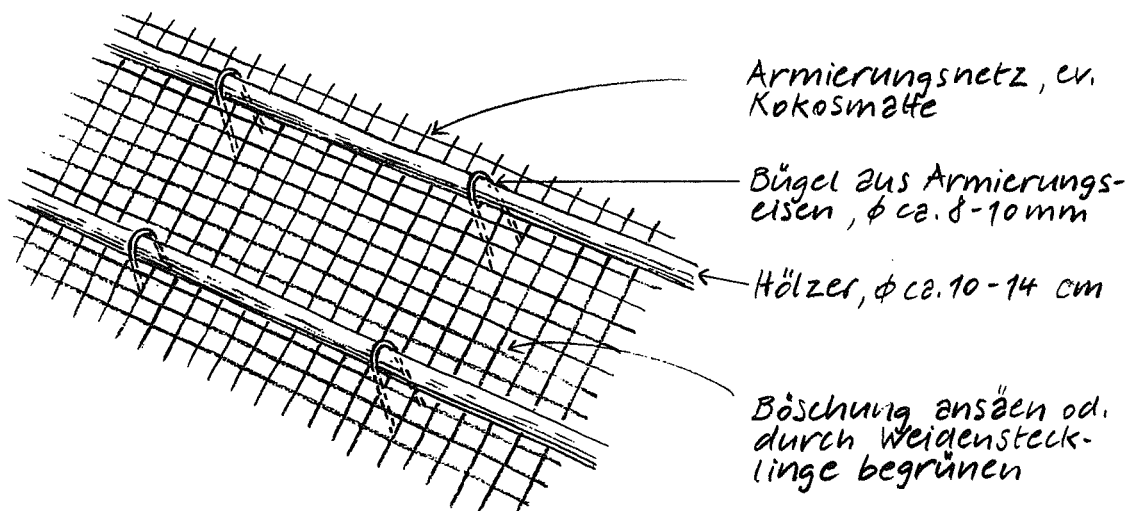


Abb. 12.7: Der Bau von Hangrosten

12.1.4 Faschinen, Flechtzäune und Buschlagen

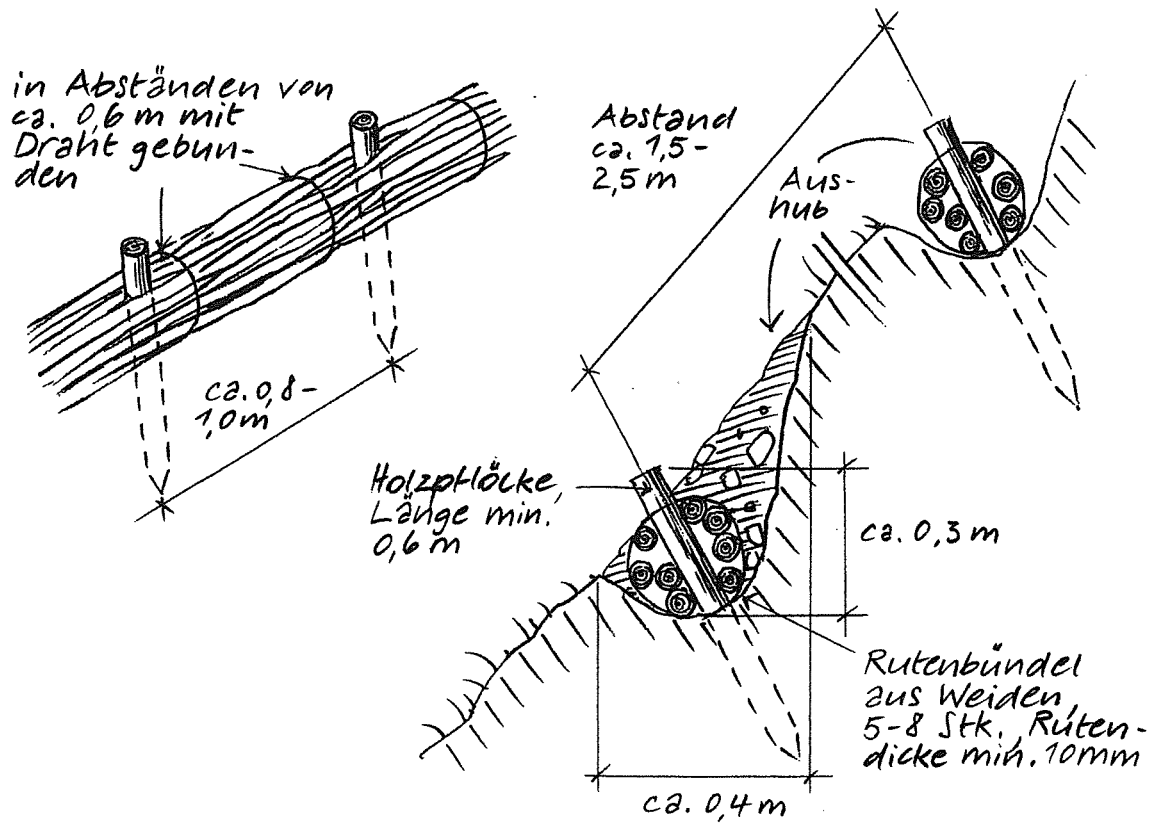
Faschinen und Flechtzäune werden aus ausschlagfähigen Ruten und Pflöcken hergestellt (siehe Abb. 12.8). *Flechtzäune* verhindern den Oberflächen-Abtrag von Erdmaterial unmittelbar nach dem Einbau. Nach einer gewissen Zeit wirken die Wurzeln des Flechtwerks ebenfalls stabilisierend.

Soll der Hang gleichzeitig entwässert werden, so kommen schräg angeordnete *Faschinen* zum Einsatz (nasse Standorte). An trockenen Hängen werden die Faschinen horizontal eingebaut, um das anfallende Regenwasser zu speichern. Im Gegensatz zu Flechtwerken verhindern Faschinen den Oberflächenabtrag erst nach einer gewissen Zeit; sie haben jedoch eine bessere Tiefenwirkung.

Buschlagen sind weniger aufwendig als Faschinen oder Flechtzäune; der Erfolg ist jedoch nicht immer gewährleistet. An trockenen Standorten muss die Erde schnell wieder eingebracht und gut festgedrückt werden. In vernässten Hängen empfiehlt es sich, die Buschlagen ähnlich den Faschinen in geneigter Lage einzubringen, damit das Wasser abfließen kann.

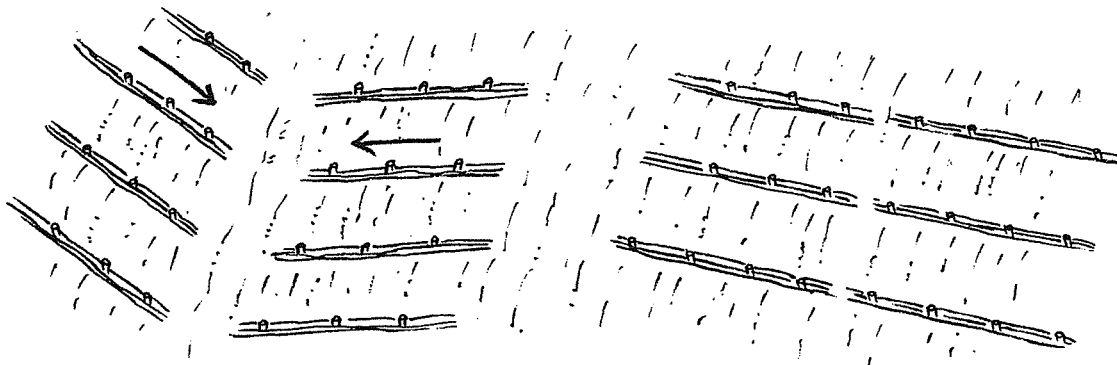
Die billigste Bodenbefestigung ist das Einbringen von Weidenstecklingen (je nach Standort 4 bis 10 Stück pro m²). In steilen Hanglagen ist es von Vorteil, die Äste eher flach einzustecken, um Beschädigungen durch Schneerutsch zu vermeiden.

Sämtliche Grünverbauungen lassen sich nur während der Vegetations-Ruhezeit, also zwischen Spätherbst und Frühjahr, erstellen. Es ist darauf zu achten, dass die Entnahmestellen von Ruten und Stecklingen ähnliche Standortbedingungen aufweisen wie die späteren Einbaustellen. Zweckmässige Informationen sind beim Förster erhältlich. Im allgemeinen bieten Weiden- (z.B. Purpur-, Schwarz-, Grau- und Salweide) und Erlenarten (Grau-, Schwarz- und Alpenerle) bezüglich Standort wenig Probleme und gewährleisten rasche Durchwurzelung.



Bauvorgang: ① Graben ausheben ② Faschinen verlegen
 ③ Pflöcke einschlagen ④ mit Material aus
 darüberliegendem Graben auffüllen
 (Vorgehen von unten nach oben)

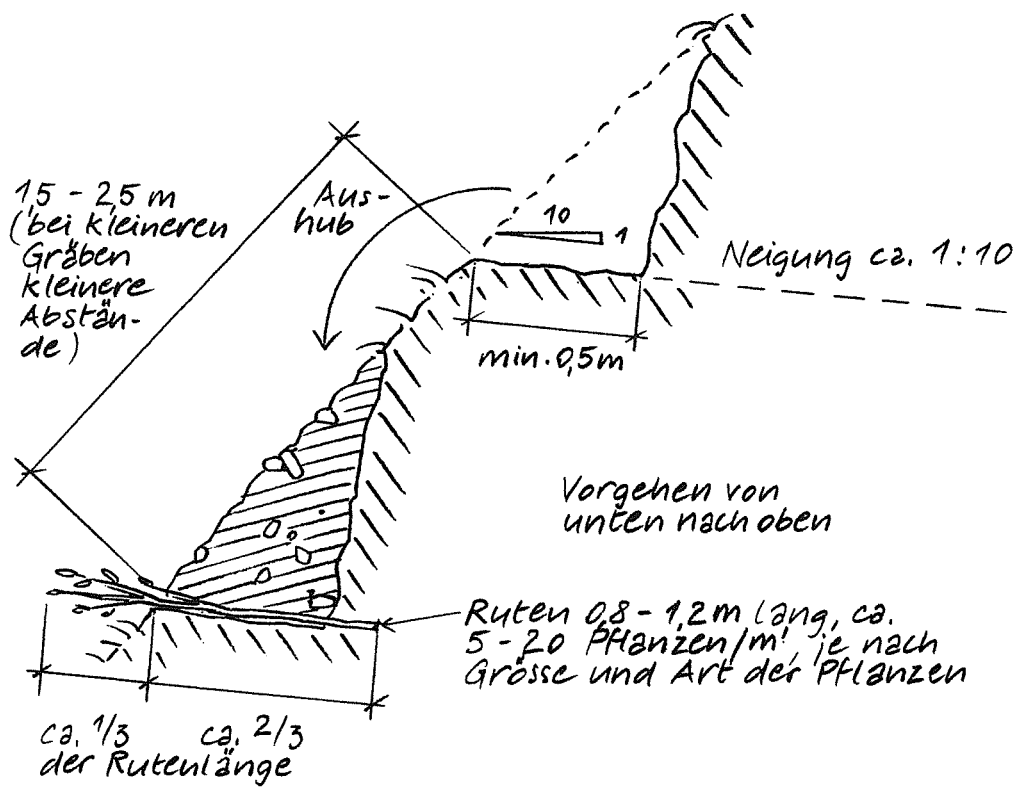
Anordnung der Faschinen (Ansicht)



wirkt bei geneigter Anordnung als Hängentwässerung

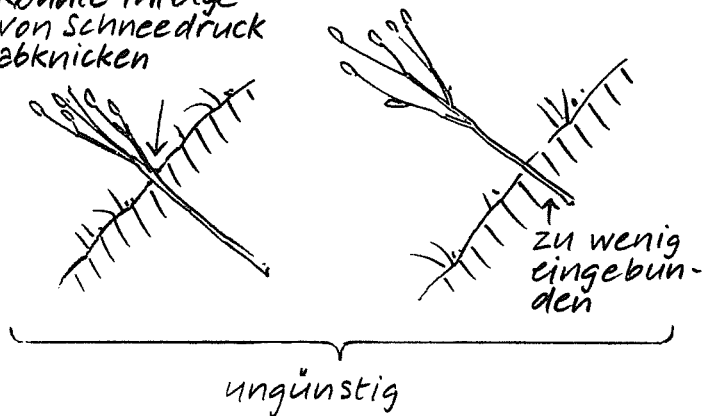
wirkt bei horizontaler Anordnung wasserspeichernd

Abb. 12.8 : Einbau und Anordnung von Faschinen



Versetzen der Stecklinge

Könnte infolge
von Schneedruck
abknicken



Weidenstecklinge im Blocksatz

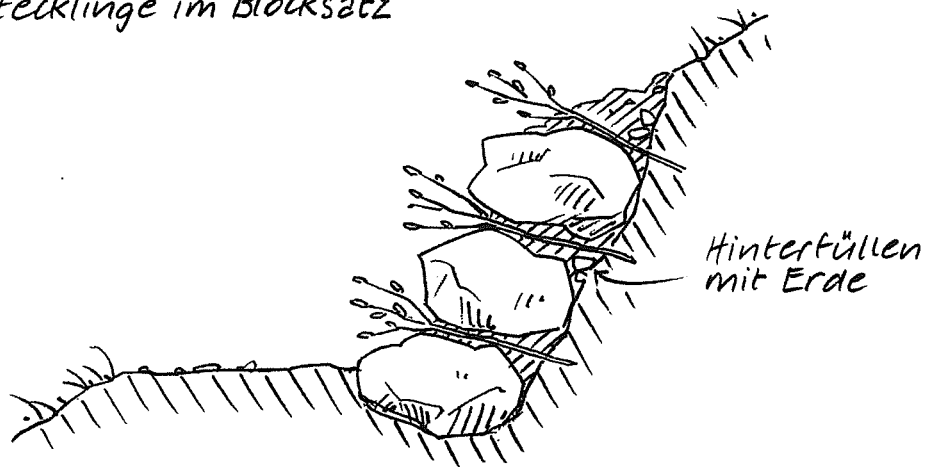


Abb. 12.9 : Versetzen von Buschlagen und Stecklingen

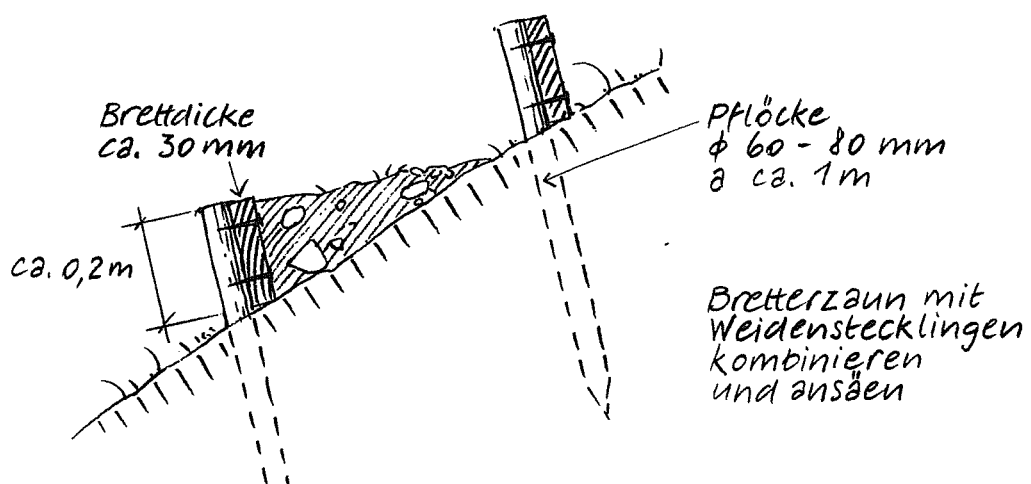
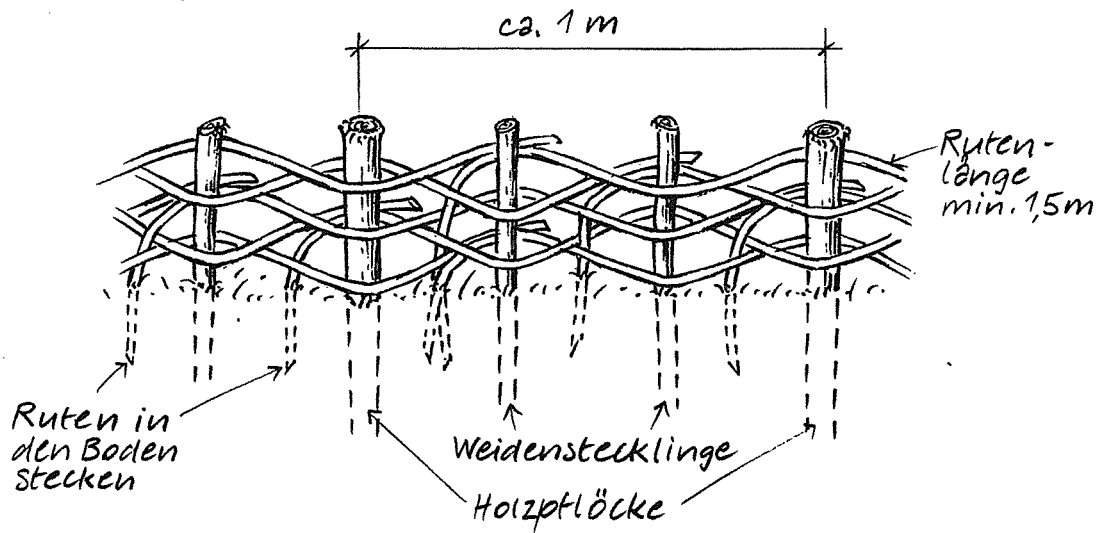
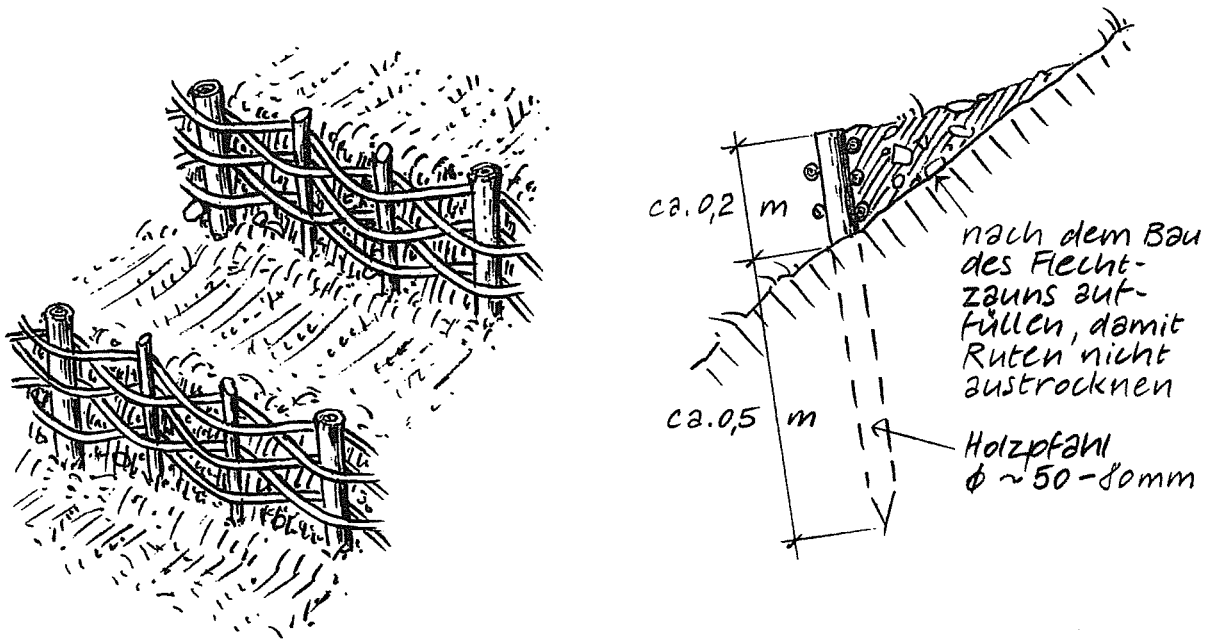


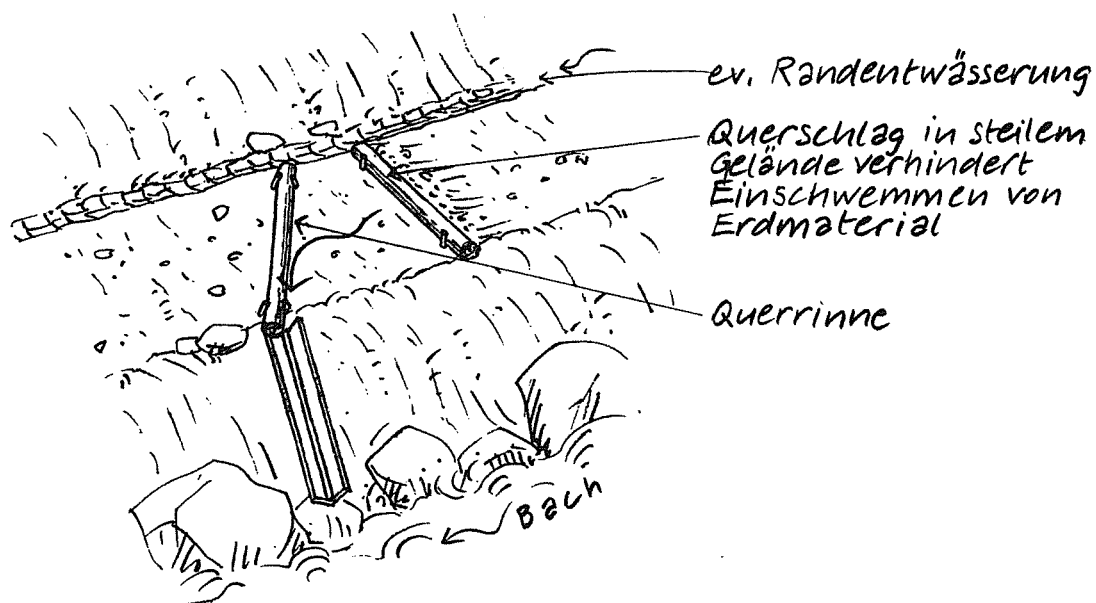
Abb. 12.10 : Der Bau von Flecht- und Bretterzäunen

12.2 Wegsicherungen

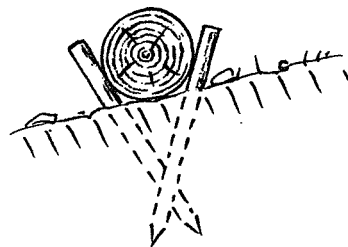
Nicht nur die Umgebung eines Wanderweges, sondern auch der Weg selbst muss vor grösseren Setzungen und Materialabtrag geschützt werden. Solche Schutzmassnahmen lassen sich aufteilen in Entwässerungsbauten und Stützkonstruktionen.

12.2.1 Querschläge und Randentwässerungen

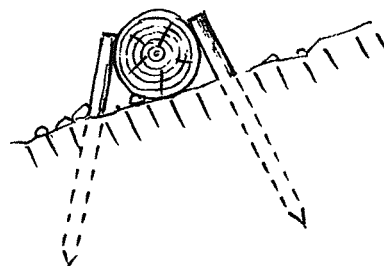
Querschläge oder Querrinnen haben die Aufgabe, das in Wegrichtung fliessende Wasser seitlich abzuführen. Das anfallende Hangwasser wird in den Randentwässerungen aufgefangen und gezielt über Querschläge oder Rohre auf die Talseite abgeleitet. Das unkontrollierte Ableiten kann vor allem bei sandigen oder wenig durchlässigen, tonigen Böden (z.B. Flysch) Erosion verursachen. In diesen Fällen muss das Wasser in Känneln oder Gräben in benachbarte Bäche, Rinnen oder in weniger erosionsgefährdetes Gelände geführt werden.



Befestigung



ungünstig

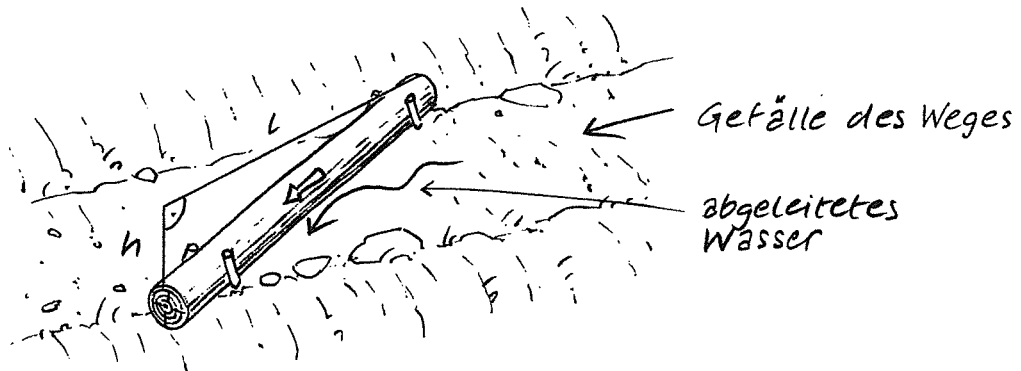


geeignet

Abb. 12.11 a : Der Bau von einfachen Querschlägen
(Ausführungstyp B)

Empfohlenes Gefälle des Querschlags (↗)

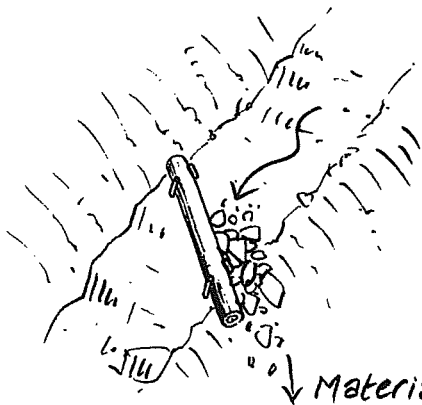
$$s = h/l = \text{ca. } 5\%$$



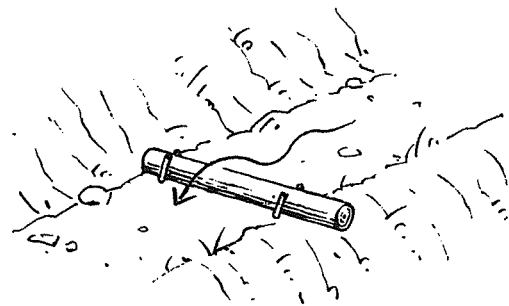
Besonders ungünstig sind :

bei steilem Weg

bei flachem Weg

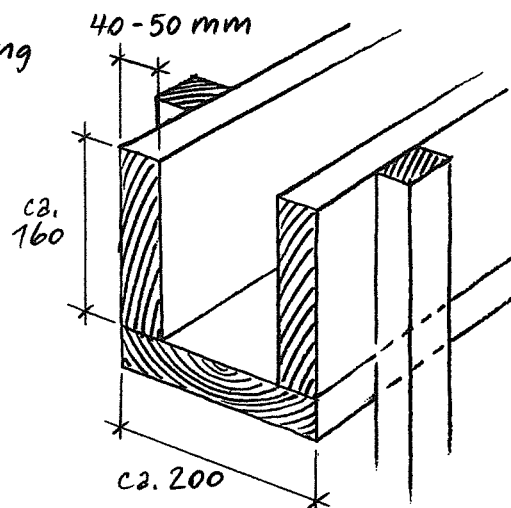
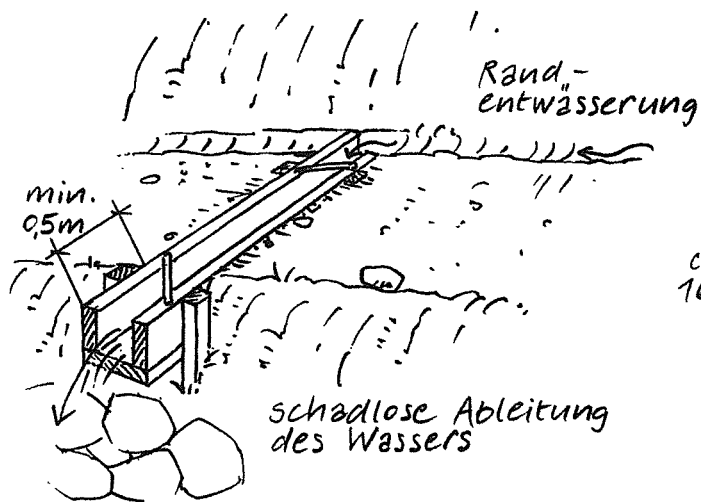


bei zu grossem Querschlags-
gefälle



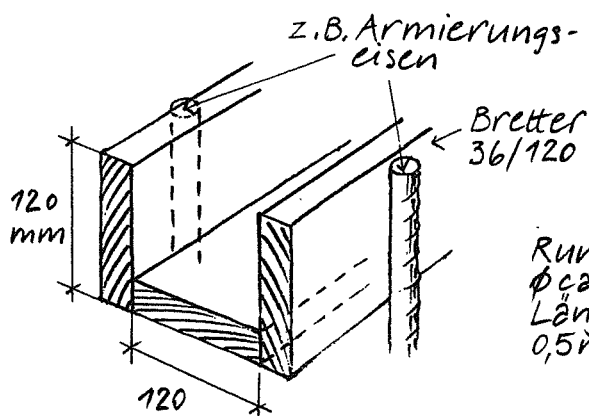
Überströmen des Querschlags
bei zu geringem Querschlags-
gefälle

Abb. 12.11 b : Der Bau von einfachen Querschlägen
(Ausführungstyp B)

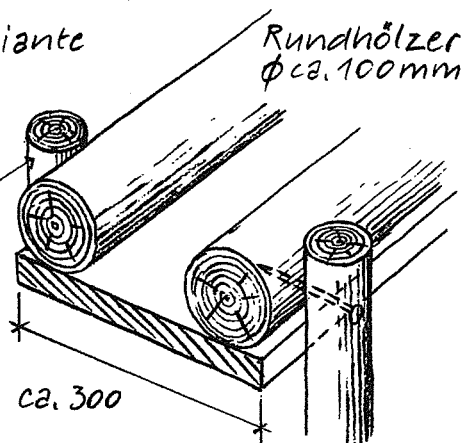


Querrinnen sind regelmässig zu reinigen

Querrinnen bei grösseren Wassermengen und bei Wegbreiten von mehr als 2m



Variante

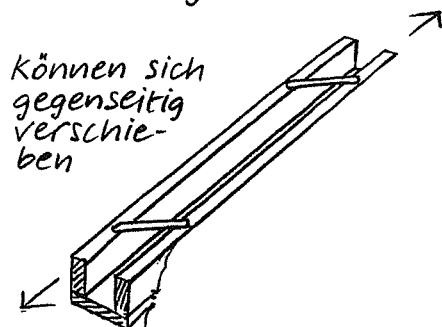


Rundhölzer
Ø ca. 60-80
Länge min.
0,5m

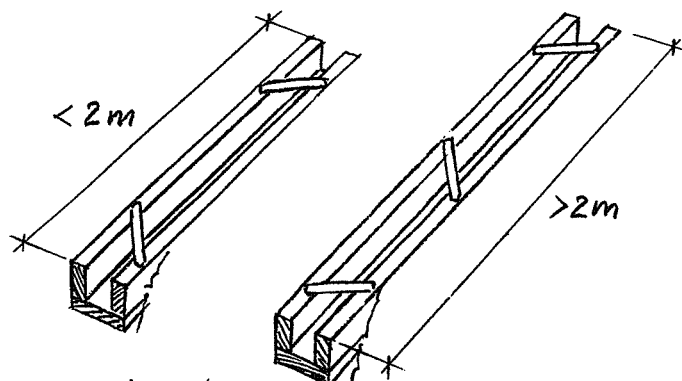
Querschnitt für Spazier- und breitere Wanderwege, mit druckimprägnierten Brettern der Standardbrücke

Rinne aus Rundhölzern und Brettern, auch als Randentwässerung oder Kännel brauchbar

Anordnung der Bauklammern



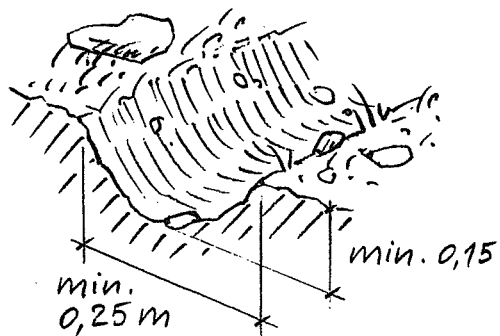
ungünstig



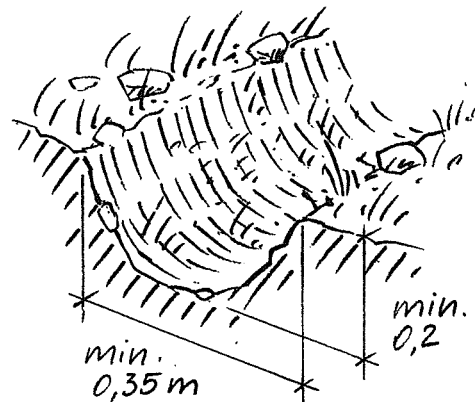
geeigneter

Abb. 12.12: Querrinnen bei breiteren Wegen

wenig Gefälle

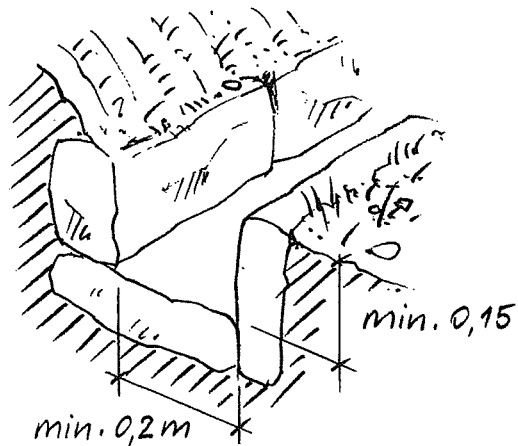


mässiges Gefälle



Graben mit Grasbewuchs:
Gras muss periodisch zurück-
geschnitten werden

grosses Gefälle



Auskleiden mit Stein-
platten
(teilweise Selbstreini-
gung möglich)

Variante 1: Geplästerte Rinne



Variante 2: Holzkännel

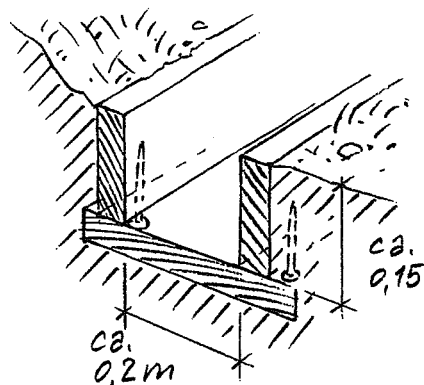


Abb. 12.13 : Randentwässerung

12.2.2 Durchquerung von Nassgebieten

Prügelwege erlauben, vernässte Wegstrecken und Feuchtegebiete auf einfache Art zu durchqueren. Massnahmen zur Verbesserung der Gehfläche können Kap. 10.3.4 entnommen werden.

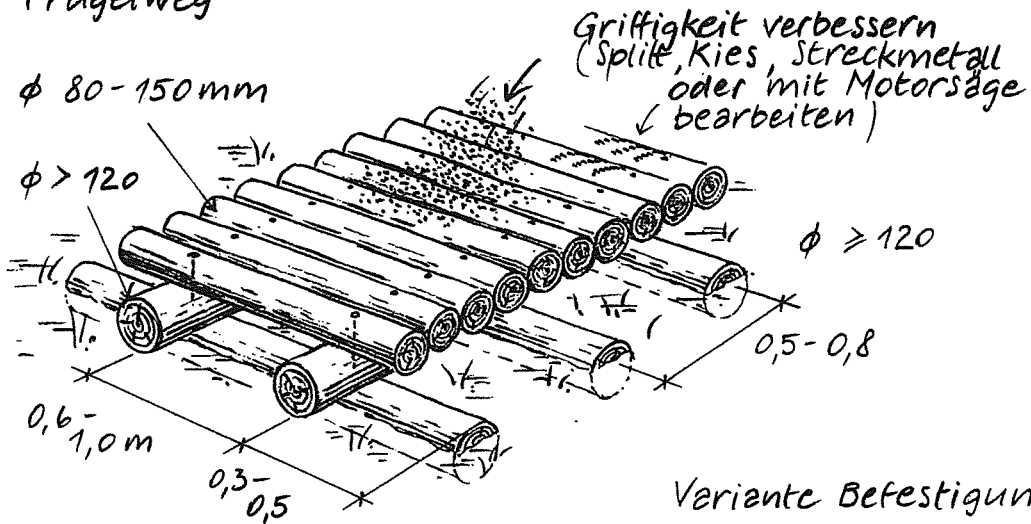
12.2.3 Stufen und Randbefestigungen

Stufen und Randbefestigungen schützen das Wegtrasse vor Erosion und verbessern den Benutzerkomfort. Wenn solche Bauten aus Steinplatten oder kleinen Felsblöcken erstellt werden, sind sie besonders langlebig. Wo solche Materialien fehlen, können (druckimprägnierte) Rundhölzer oder Bretter eingesetzt werden.

Bei Randbefestigungen bringt das Auftrennen von Rundhölzern keine technischen Vorteile. Besonders zu beachten sind eine einwandfreie Befestigung beim Einbau von langen, sich stark verjüngenden Rundhölzern und die Verwendung von ausreichend dicken Längshölzern (mindestens 150 mm Zopfdurchmesser) und Pflöcken (abhängig von der Befestigungshöhe).

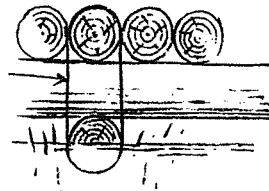
Die talseitigen Randbefestigungen werden vor dem Einbau des Erdmaterials erstellt und vorgängig verankert oder durch Pfähle gesichert. Werden mehrere abholzige Rundhölzer für die Befestigung verwendet, sind sie durch Drahtseile, Stahlbänder usw. fest miteinander zu verbinden. Damit kann die Belastung von dünnen (losen) Rundholzabschnitten vermindert und das Auswaschen von Erde durch breite Ritzen vermieden werden.

Prügelweg

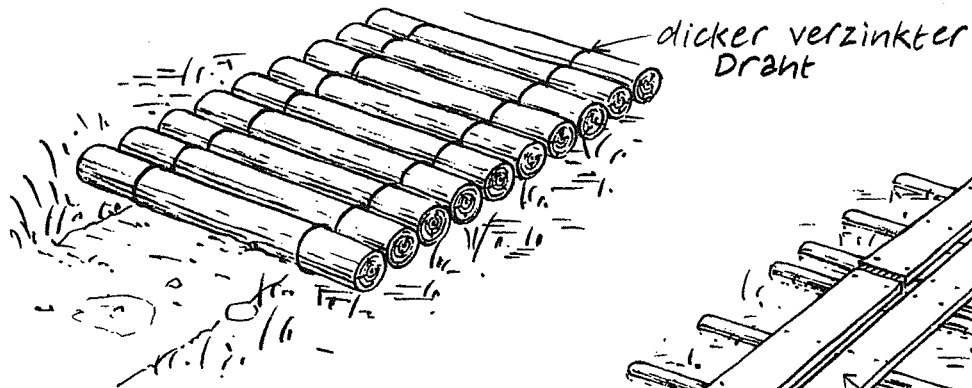


Variante Befestigung

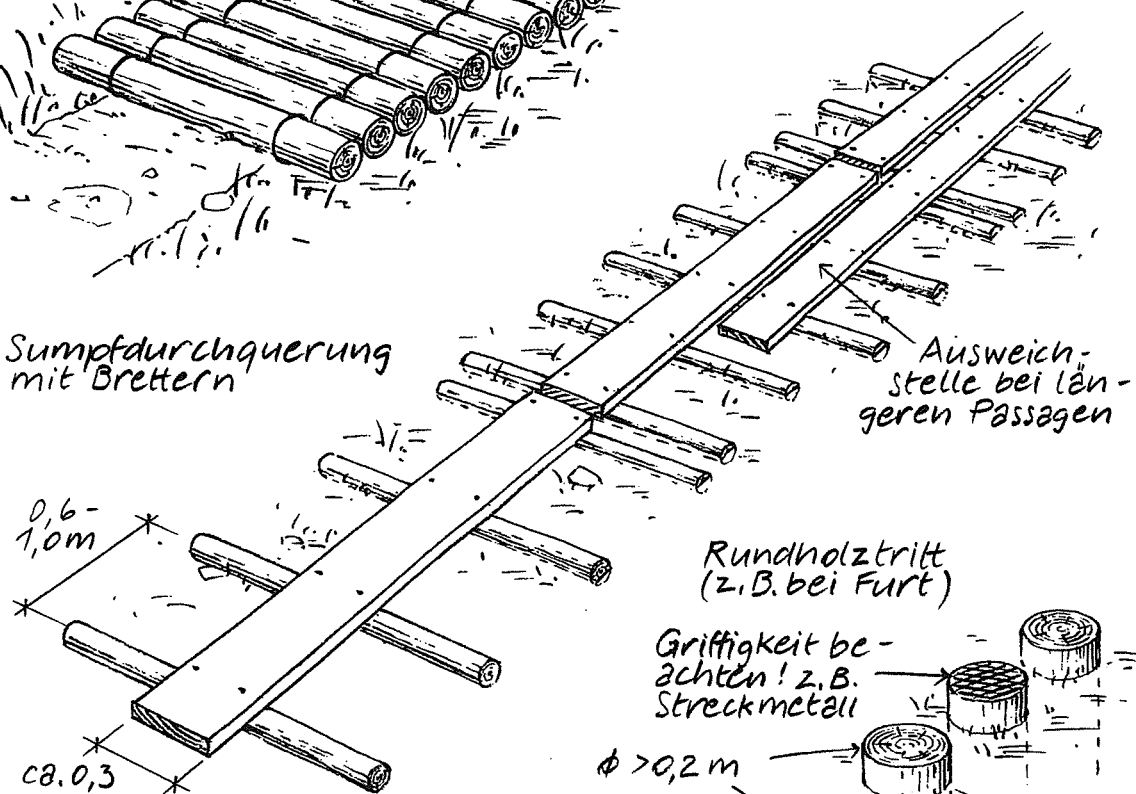
dicker Draht
oder Draht-
seil



Prügelteppich



Sumpfdurchquerung mit Brettern



Rundholztritt (z.B. bei Furt)

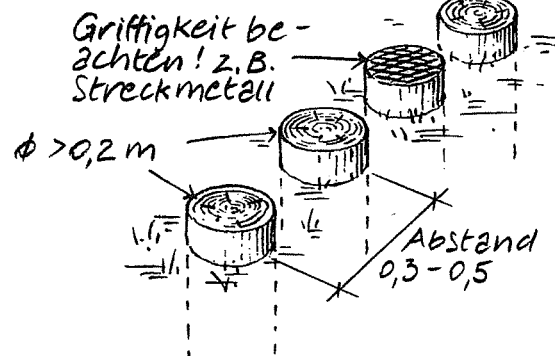


Abb. 12.14: Durchquerung von Nassgebieten

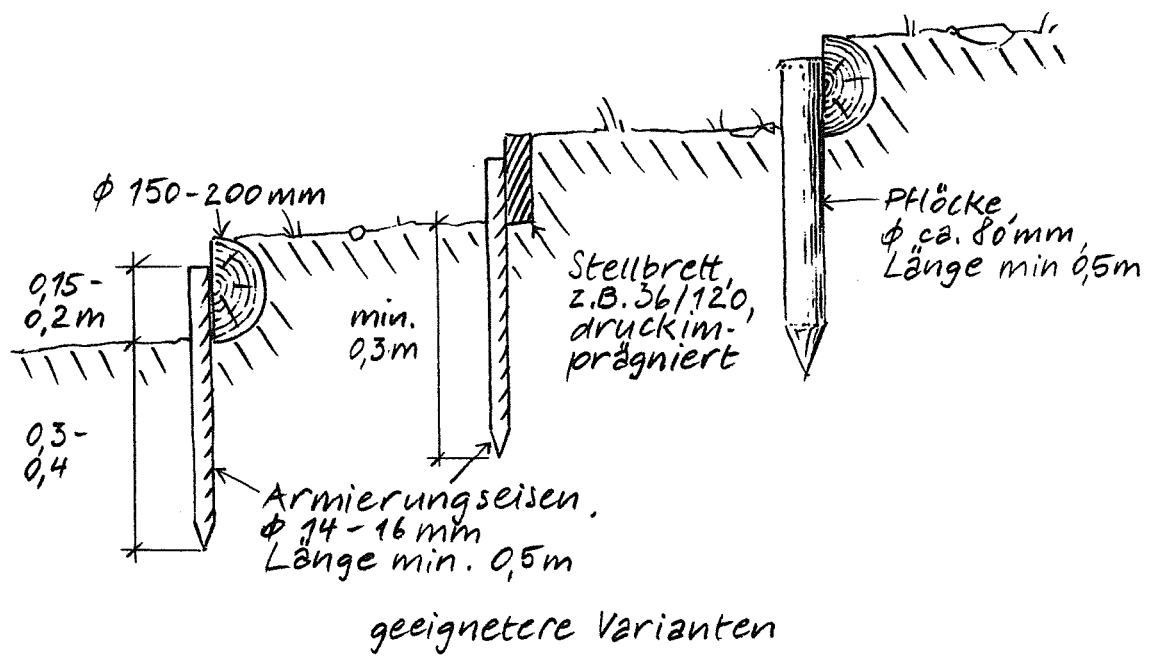
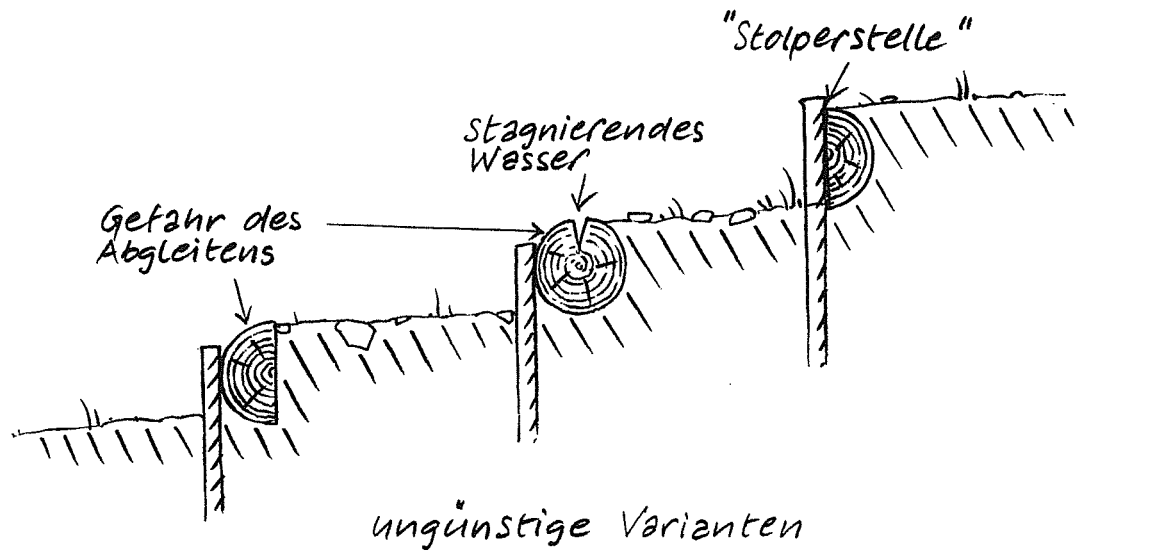


Abb. 12.15: Stufen

Weg-Querschnitte

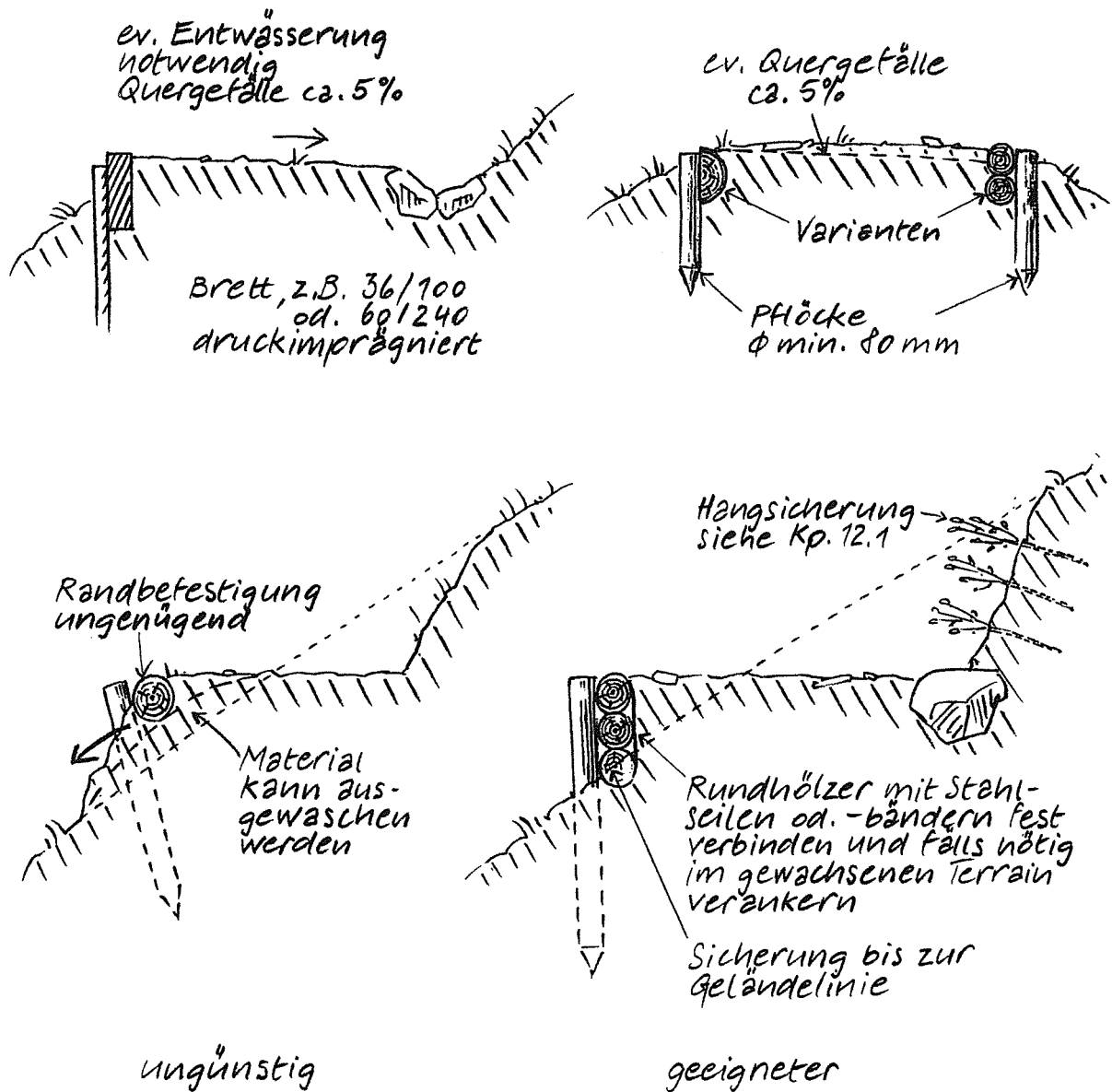


Abb. 12.16 : Randbefestigungen

13 DURCHLÄSSE BEI VIEHZÄUNEN

Wanderwege führen oft durch abgegrenzte Weidegebiete. Eine Reihe von kleinen Bauwerken bei den Viehzäunen ermöglichen dem Wanderer den Durchgang und verhindern gleichzeitig das Ausbrechen der Tiere. Solche Bauwerke sollten folgende Anforderungen erfüllen:

- möglichst einfache und robuste Bauweise
- hohe Dauerhaftigkeit
- geringer Unterhalt
- grosse Betriebssicherheit

Für dauerhafte Lösungen ist die Verwendung von druckimprägnierten Hölzern empfehlenswert, da die meisten Konstruktionen in Erdkontakt stehen. Konstruktive Holzschutzmassnahmen beschränken sich in der Regel auf das Abdecken von Stirnholzflächen.

Weidezaun-Durchlässe können nach ihrer Funktionsweise in folgende Gruppen aufgeteilt werden:

- Türe und Gatter
- Dreiecksdurchlässe
- Uebergänge
- Weideroste

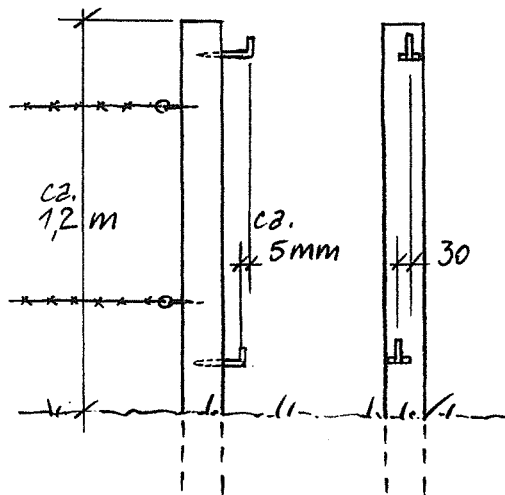
Gatter und *Türen* haben vielfach den Nachteil, dass sie aus Nachlässigkeit offengelassen werden. Einweg-Gatter schliessen sich von selbst, wenn der Pfosten leicht geneigt oder die Angeln versetzt angebracht werden (siehe Abb. 13.1).

Betriebssicherer als Gatter sind sogenannte *Dreiecksdurchlässe*. Sind die Abmessungen zu klein gehalten, wird eine Passage mit Rucksack oft mühsam. Stacheldraht ist im Bereich von solchen Durchlässen zu vermeiden. Die Dreiecksdurchlässe eignen sich normalerweise nur für Kuh- und Rinderweiden. Sogenannte Schwenkgatter erlauben auch viehsichere Durchlässe bei Schaf- und Ziegenweiden.

Uebergänge sind ebenfalls betriebssicher, erfordern aber mehr Geschicklichkeit und sind für Spazierwege nicht geeignet.

Weideroste werden für befahrbare Uebergänge gebraucht und sind üblicherweise aus Stahl gebaut. Für reine Wanderwegzwecke sind zwar Lösungen aus Holz ebenfalls denkbar, bedingen aber aufwendige Erd- und Betonarbeiten. Durchlässe sind deshalb fast durchwegs billiger und ebenso betriebssicher.

Angeln versetzt



Variante: Pfosten geneigt

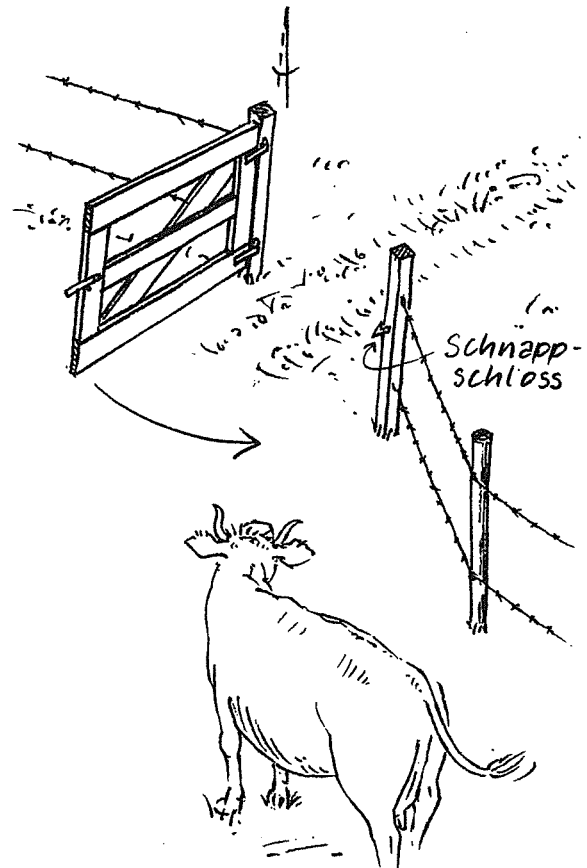
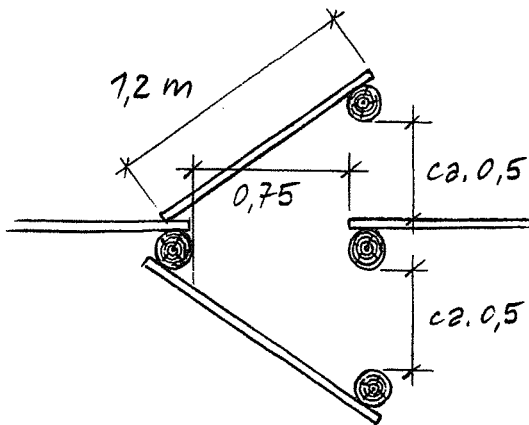


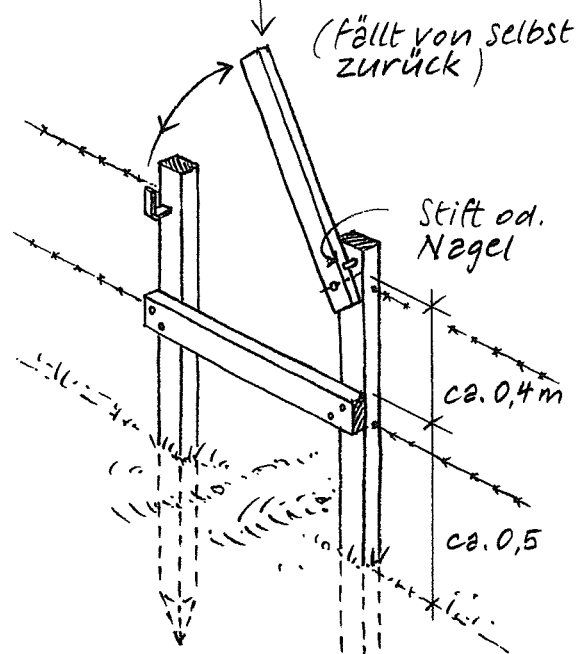
Abb. 13.1: Gatter

Einfacher Durchlass



Variante

Blockierung in max. Öffnungsstellung



Schwenkgatter für Schafweiden

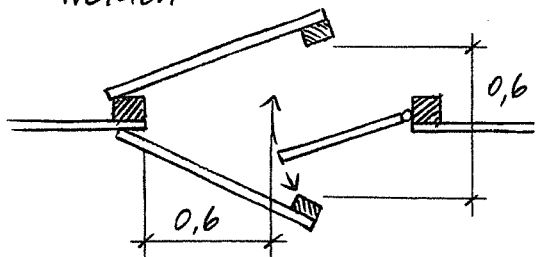


Abb. 13.2: Durchlässe

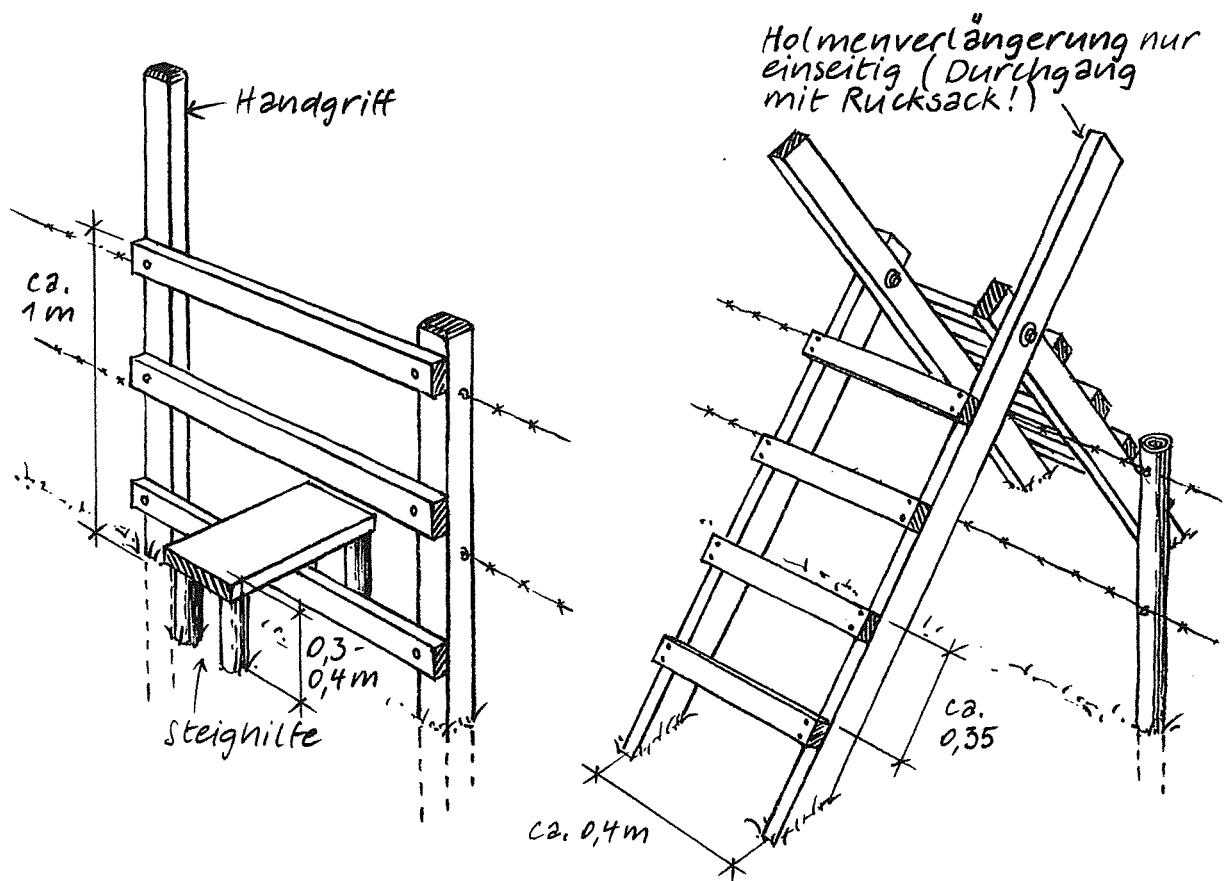


Abb. 13.3: Übergänge

ANHANG

Literatur

- [1] SAW, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Wanderwege, 'Empfehlungen für den Wegebau'. Riehen. (in Bearbeitung)
- [2] Norm SIA 164, 'Holzbau'. Zürich 1981
- [3] U. Meierhofer, Metallkorrosion in Holz. Schweiz. Ing. u. Arch (1990) 24, S. 696 ... 698
- [4] Norm SIA 281, 'Polymer Bitumen-Dichtungsbahnen, Anforderungswerte und Materialprüfung'. Zürich 1983
- [5] SVG, Schweizerischer Verband der Geotextilfachleute. Das Geotextilhandbuch. Verlag Vogt-Schild, Solothurn 1987
- [6] Lignum, 'Reglement: Gütezeichen für druckimprägniertes Holz'. Zürich 1984
- [7] EMPA/Lignum, 'Richtlinie: Holzschutz im Bauwesen'. Schweiz. Baudok. V u3 00050, 1987
- [8] Lignum, Holzbau-Tabellen I und II. Zürich 1982 und 1990
- [9] Norm SIA 160, 'Beanspruchung von Bauwerken'. Zürich 1990
- [10] Bundesamt für Wasserwirtschaft, 'Dimensionierung von Wildbachsperrern aus Beton und Stahlbeton'. EDMZ, Bern 1973
- [11] Richtlinie SIA 160/3, 'Periodische Untersuchungen der Brücken'. Zürich 1975
- [12] Empfehlung SIA 169, 'Erhaltung von Ingenieur-Bauwerken'. Zürich 1987
- [13] SKAT, Schweizerische Kontaktstelle für Angepasste Technik, 'Survey, Design and Construction of Trail Bridges for Remote Areas'. St. Gallen 1983/84
- [14] J. Zeller, J. Trümpler, A. Böll, 'Rutschentwässerungen'. EAFV, Birmensdorf 1986

Weiterführende Literatur

- ARF, Arbeitsgemeinschaft Recht für Fussgänger, 'Planungsfragen bei Fuss- und Wanderwegen, Schrift 9'. Zürich 1987
- SIV, Schweizerischer Invalidenverband, 'Behindertengerechtes Bauen', SN 521200. Olten 1989
- EMPA/SSH, 'Brettschichtholz im Innen- und Aussenbau'. Empfehlung zur Sicherstellung der langfristigen Funktionstüchtigkeit. Schweiz. Baudok. i4 00200, 1989
- SAB, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für die Bergbevölkerung, 'Leitfaden für die Praxis: Schalen, Armieren, Betonieren'. Brugg 1984
- V. Kuonen, Wald- und Güterstrassen. Eigenverlag, Pfaffhausen 1983
- Parks Canada. 'Trail Manual'. Ottawa, Canada 1985
- United States Department of Agriculture, Forest Service, 'Standard Specification for Construction of Trails'. Washington D.C., USA, 1984
- R.D. Proudman, R. Rajala, 'Trail Building and Maintenance'. Appalachian Mountain Club, Boston, USA, 1981
- British Trust for Conservation Volunteers, 'Footpaths'. Wallingford, UK, 1988
- SAH, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung, 'Brücken und Stege aus Holz', Tagungsunterlagen. Zürich 1989
- EGH, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau, 'Brücken, Planung - Konstruktion - Berechnung'. Düsseldorf 1988
- W. Begemann, H.M. Schiechl, 'Handbuch zum naturnahen Wasser- und Erdbau'. Bauverlag, Berlin 1986

Stichwortverzeichnis

A

A-Bauten	6
Abdeckungen	
→ Metalle	12
→ Organische Materialien	14, 15
diverse Beispiele	20, 51 ... 55, 58, 59, 61, 62, 68
Anstriche	
→ Oberflächenbehandlungen	25
→ Rostschutz	12
Auflager	
diverse Beispiele	19, 21
→ Brücken u. Stege	
diverse Beispiele	51 ... 54, 58, 59, 66 ... 72
→ Treppen und Leitern	
diverse Beispiele	77 ... 79
Ausführung	37, 38
Ausführungskontrolle	38

B

B-Bauten	6
Bauliche Massnahmen	6, 7
Baumaterialien	
→ Materialien	8 ... 15
Bauprojekt	
→ Projektablauf	7
Bauschrauben	32
Beanspruchungen und Gefährdungen	16, 17
Befestigungsmittel	26 ... 33

Belag

→ Verschleisssschicht	62, 63
-----------------------	--------

Belastung

→ Mechanische Einwirkungen	17
----------------------------	----

Berechnung und Bemessung	34 ... 36
--------------------------	-----------

Beton	13, 14
-------	--------

Biologische Resistenz von Holz	10, 23, 43
--------------------------------	------------

Breite des Bauwerks bzw. des Weges	4, 5, 6, 34
------------------------------------	-------------

Brettschichtholz	33, 49, 50
------------------	------------

Brücken und Stege	47 ... 73
-------------------	-----------

Brückensysteme	49, 50
----------------	--------

Buschlagen (Sicherungsbauten)	87, 89
-------------------------------	--------

C

Chemischer Holzschutz	24, 25
-----------------------	--------

D

Dauerhaftigkeit	18 ... 25
-----------------	-----------

Dichtungsbahnen	14, 15
-----------------	--------

Dokumentation	39, 40
---------------	--------

Drainage	80 ... 83, 87, 91
----------	-------------------

Druckimprägnierung	24, 25
--------------------	--------

E		Haupttragwerke (Brücken und Stege)	55 ... 59
Entrindung von Rundholz	11, 16, 23	Holz	8 ... 11
Entwässerungen	80 ... 83, 87, 91	Holzarten	10
Erdanker	48	Holzauswahl und Verarbeitung	22, 23
Erosionsschutz	80 ... 94	Holzfeuchtigkeit	8, 9, 16, 41, 42
F		Holzkasten (Sicherungsbauten)	83 ... 85
Faschinen (Sicherungsbauten)	87, 88, 90	Holzlagerung	11
Flechtzäune (Sicherungsbauten)	87, 88, 90	Holzqualität	11, 22
Folien	14, 15	Holzschutzmittel	24
Fundationen	53 ... 55	I	
G		Ingenieureinsatz	36
Geländer (Brücken und Stege)	64	Insektenbefall	10, 11, 16
Geotextilien	14	K	
Geräte	19, 20, 37, 38	Kernholz	10
Gestalterischer und konstruktiver Holzschutz	18 ... 22	Klammern (Bauklammern)	33
Griffigkeit der Gehfläche	23, 39, 60 ... 62	Konstruktionsteile (Brücken und Stege)	51 ... 64
H		Konstruktiver Holzschutz → Gestalterischer und konstruktiver Holzschutz	18 ... 22
Handlauf	20, 35	Korrosionsschutz von Metallen	12, 13, 28, 31, 39, 40
Hängewerk	49, 57, 59		
Hangrost (Sicherungsbauten)	85, 86		
Hangsicherungen	80 ... 90		

L

Lagerung von Holz	12
Lebendverbau	80, 82 ... 87
Leime	33
Leitern	79

M

Materialien	8 ... 15
Materialwahl	8
Mechanische Einwirkungen	17
Metalle	12, 13
Mineralische Baustoffe	13, 14

N

Nägel	28 ... 31
Nassgebiete, Durchqueren von	95
Nutzlast	34, 35

O

Oberflächenbehandlungen	25
Organische Materialien	14, 15

P

Pilz- und Insektenbefall	16, 17
Pilzbefall	10, 11, 16, 41 ... 43
Projektablauf	7

Q

Querschläge	91 ... 94
-------------	-----------

R

Randbefestigungen (Wegsicherung)	95, 98
Randentwässerungen	91, 94
Rinde und Bast	23
Risse (im Holz)	10
Rostschutz	12, 13
Rundholzbrücke	67 ... 68
Rundholz	22
Rutschfestigkeit	60, 62

S

Schwinden und Quellen	9
Sicherheit	37, 47, 76, 101
Sicherungsbauten im Gelände	80 ... 99
Splintholz	10, 22
Sprengwerk	50, 57, 58
Standardbrücke	69 ... 73
Steg, einfacher	66
Stege	47 ... 73
Stossfaktor	34
Stufen (Wegsicherung)	95, 97
Stützen	55

T		Werkzeuge, Geräte, Transport mittel	37, 38
Teerölimprägnierung	25		
Tragschicht (Brücken und Stege)	60 ... 63	Wettereinwirkungen	16
Transportmittel	37 ... 38	Widerlager	52 ... 54
Treppen und Leitern	74 ... 79		
Trittmasse	74		
Trocknung von Holz	11		
Typ A- bzw. Typ B-Bauten	6		
U			
Überwachung und Unterhalt	39 ... 43		
Unterhalt	42		
V			
Verbindungsmittel	26 ... 33		
Vermorschung	41, 42		
Verschleisschicht (Brücken und Stege)	62, 63		
Viehzäune, Durchlässe bei	99 ... 101		
Vorarbeiten	37		
W			
Wegkategorien	4, 5		
Wegsicherungen	91 ... 98		

Schriftenreihen Langsamverkehr

Bezugsquelle und Download: www.langsamverkehr.ch

Vollzugshilfen Langsamverkehr

Nr	Titel	Jahr	Sprache			
			d	f	i	e
1	Richtlinien für die Markierung der Wanderwege (Hrsg. BUWAL) → ersetzt durch Nr. 6	1992	x	x	x	
2	Holzkonstruktionen im Wanderwegbau (Hrsg. BUWAL)	1992	x	x	x	
3	Forst- und Güterstrassen: Asphalt oder Kies? (Hrsg. BUWAL)	1995	x	x		
4	Velowegweisung in der Schweiz	2003	d / f / i			
5	Planung von Velorouten	2008	d / f / i			
6	Signalisation Wanderwege	2008	x	x	x	
7	Veloparkierung – Empfehlungen zu Planung, Realisierung und Betrieb	2008	x	x	x	
8	Erhaltung historischer Verkehrswege	2008	x	x	x	
9	Bau und Unterhalt von Wanderwegen	2009	x	x	x	

Materialien Langsamverkehr

Nr	Titel	Jahr	Sprache			
			d	f	i	e
101	Haftung für Unfälle auf Wanderwegen (Hrsg. BUWAL)	1996	x	x	x	
102	Evaluation einer neuen Form für gemeinsame Verkehrsbereiche von Fuss- und Fahrverkehr im Innerortsbereich	2000	x	r		
103	Nouvelles formes de mobilité sur le domaine public	2001		x		
104	Leitbild Langsamverkehr (Entwurf für die Vernehmlassung)	2002	x	x	x	
105	Effizienz von öffentlichen Investitionen in den Langsamverkehr	2003	x	r		s
106	PROMPT Schlussbericht Schweiz (inkl. Zusammenfassung des PROMPT Projektes und der Resultate)	2005	x			
107	Konzept Langsamverkehrsstatistik	2005	x	r		s
108	Problemstellenkataster Langsamverkehr Erfahrungsbericht am Beispiel Langenthal	2005	x			
109	CO2-Potenzial des Langsamverkehrs Verlagerung von kurzen MIV-Fahrten	2005	x	r		s
110	Mobilität von Kindern und Jugendlichen – Vergleichende Auswertung der Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 1994 und 2000	2005	x	r		s
111	Verfassungsgrundlagen des Langsamverkehrs	2006	x			
112	Der Langsamverkehr in den Agglomerationsprogrammen	2007	x	x	x	
113	Qualitätsziele Wanderwege Schweiz	2007	x	x		
114	Erfahrungen mit Kernfahrbahnen innerorts (CD-ROM)	2006	x	x		
115	Mobilität von Kindern und Jugendlichen – Fakten und Trends aus den Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 1994, 2000 und 2005	2008	x	r		s
116	Forschungsauftrag Velomarkierungen – Schlussbericht	2009	x			
117	Wandern in der Schweiz 2008; Bericht zur Sekundäranalyse von «Sport Schweiz 2008» und zur Befragung von Wandernden in verschiedenen Wandergebieten	2009	x	r	r	
118	Finanzhilfen zur Erhaltung historischer Verkehrswege nach Art. 13 NHG – Ausnahme Erhöhung der Beitragssätze: Praxis des ASTRA bei der Anwendung von Art. 5 Abs. 4 NHV	2009	x	x	x	
119	Velofahren in der Schweiz 2008; Sekundäranalyse von «Sport Schweiz 2008»	2009	x	r		

x = Vollversion r = résumé/riassunto s = summary

Materialien zum Inventar historischer Verkehrswege IVS: Kantonshefte

Bezugsquelle und Download: www.ivs.admin.ch

Jedes Kantonsheft stellt die Verkehrsgeschichte sowie einige historisch baulich, landschaftlich oder aus anderen Gründen besonders interessante und attraktive Objekte vor. Informationen zu Entstehung, Aufbau, Ziel und Nutzen des IVS runden die an eine breite Leserschaft gerichtete Publikation ab.