Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 140 (1989)

Heft: 9

Artikel: Planung und Projektierung der Forststrassenbrücken

Autor: Erda, Orhan

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-764262

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Planung und Projektierung der Forststrassenbrücken

Von *Orhan Erdaş*
(Professur für forstliches Ingenieurwesen, Technische Universität Karadeniz, Trabzon, Türkei)

Oxf.: 383

1. Einleitung

Grabenquerungen bilden in der generellen Erschliessungsplanung ländlicher Räume ähnlich wie Wendeplatten Fixpunkte erster Ordnung. Waldgebiete im Gebirge bieten hinsichtlich Gelände, Boden und der Gefahr von Naturkatastrophen immer grosse Schwierigkeiten. Die Erschliessungseinheiten sind durch Bäche, Runsen und Gräben stark voneinander abgetrennt. Die Verbindung der einzelnen Strassen braucht daher Kreuzungsbauwerke wie Brükken, Durchlässe, Furten usw. Nach *Kuonen* (1980) ist die Querung von Gräben mittels Brücken oft nicht zu verantworten, weil eine Brücke mit genügend grossem Lichtraumprofil sehr hohe Kosten und einen starken Eingriff in die Landschaft bedingen würde. Zudem bestünde die Gefahr, dass Brücken bei ausserordentlichen Ereignissen weggerissen würden. Allerdings bildet eine richtig dimensionierte Brücke vom hydraulischen Standpunkt aus meist die optimale Lösung.

Zur Bereitstellung von Unterlagen zur Planung, Projektierung und Konstruktion von Brücken werden in der nördlichen Türkei auf 1352 km Forststrassen 114 Brücken hinsichtlich verschiedener Punkte untersucht. Die Ergebnisse sind im folgenden dargestellt.

2. Definition des Brückenbauwerkes

Allein vom Wasserlauf aus gesehen sind die Brücken als Kreuzungsbauwerke definiert, die den Abfluss des gekreuzten Gewässers nicht oder kaum einengen *(W. Bleines,* 1968). Die DIN-Norm 1076 definiert die Brücken als Tragwerke mit Öffnungen von mindestens 2 m lichter Weite zwischen den Widerlagern. Die folgenden Ausführungen befassen sich mit Brücken mit Stützweiten von 2 bis 6 m.

3. Planung der Forststrassenbrücken

Ganz allgemein werden Grösse, Gestalt und Lage der Brücken durch folgende Kriterien bestimmt:

- Bau- und Unterhaltskosten
- Linienführung und Höhenlage der Strasse in bezug auf das zu überbrückende Hindernis
- Ausbaugeschwindigkeit der Strasse
- Höhe des Wasserspiegels bei Hochwasser und gegebenenfalls der staufreie Abflussquerschnitt des Hochwassers
- Baugrundverhältnisse und Gründungsmöglichkeiten für Widerlager
- Liefer- und Anfuhrmöglichkeiten für Baustoffe und Baugeräte
- Ästhetische Gesichtspunkte

Es ist somit eine ganze Reihe von Gesichtspunkten und Einflüssen gegeneinander abzuwägen, um zu einer konstruktiv, wirtschaftlich und verkehrstechnisch gleichermassen günstigen Lösung zu gelangen (*A. Laskus, H. Schröder,* 1955, V. Kuonen, 1983).

Zu den oben angeführten Gesichtspunkten sei noch vermerkt, dass grundsätzlich eine zügige Führung der Strassen im Bereich der Brücken und ihrer Zufahrten anzustreben ist. Eine Brücke sollte von den Verkehrsteilnehmern nicht als Verkehrshindernis empfunden werden. Mit steigender Motorisierung des Holztransportes und mit wachsenden Verkehrsgeschwindigkeiten ist in Zukunft noch mehr als bisher eine übersichtliche und zügige Linienführung der Brückenfahrbahnen und ihrer Zufahrten anzustreben.

Bei den sekundären Forststrassenbrücken sollten weniger strenge Massstäbe an die Linienführung gelegt werden. Für die Planung der Forststrassenbrücken sind technische, hydrologische und wirtschaftliche Kriterien massgebend. Im folgenden werden diese Kriterien ausführlich dargestellt:

3.1 Technische Kriterien

Die Wirtschaftlichkeit ist der wichtigste Faktor bei der Planung und Bestimmung der Lage der Brücke. Aus diesem Grund ist bei einer Grabenquerung die Lage der Brücke mit kleiner Stützweite für die Bestimmung der Linienführung von grosser Bedeutung. Da nach den Untersuchungen von *Erdaş* (1983) die Strassenbaukosten im Verhältnis zu den Brückenbaukosten relativ klein sind (durchschnittlich 1 : 75), ist es oft wirtschaftlich, die Linienführung der Strasse zu ändern und die Strasse zu verlängern, wenn dadurch die Stützweite der Brücke verkleinert werden kann.

Bei Forststrassen ist bei der Bestimmung der Brückenlage darauf zu achten, dass die Brücken als gerade Platten geplant werden. Wenn aus technischen

Gründen die Strassenachse bei der Grabenquerung eine Kurve zu enthalten hat, sollten die Brücke in die Gerade und die Kurven vor und nach der Brücke geplant werden *(Abbildung 1)*. Die günstigste Querung mittels einer Brücke erfolgt rechtwinklig zum Bach bzw. Graben *(Abbildung 2)*.

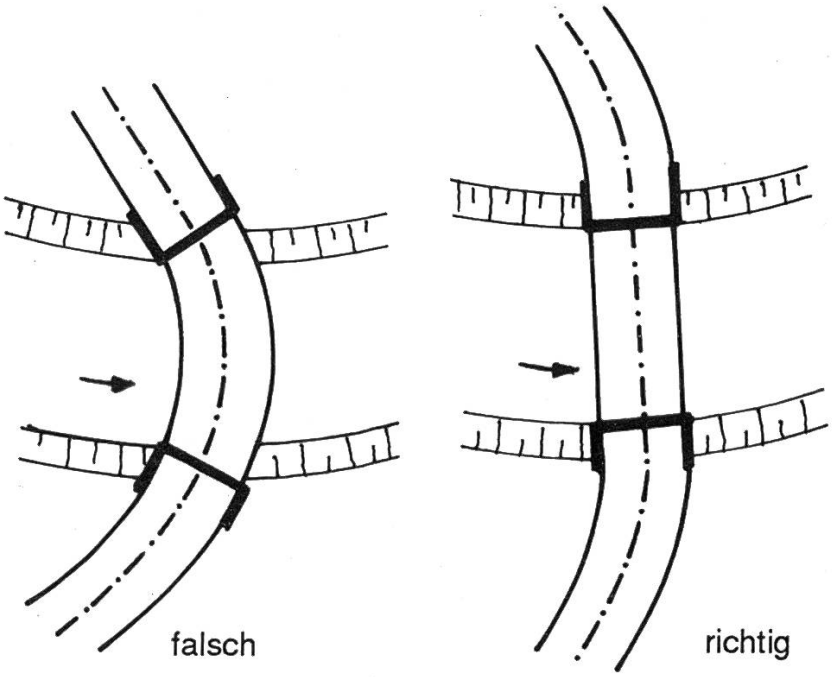


Abbildung 1. Lage der Kurven im Bereich der Brücke.

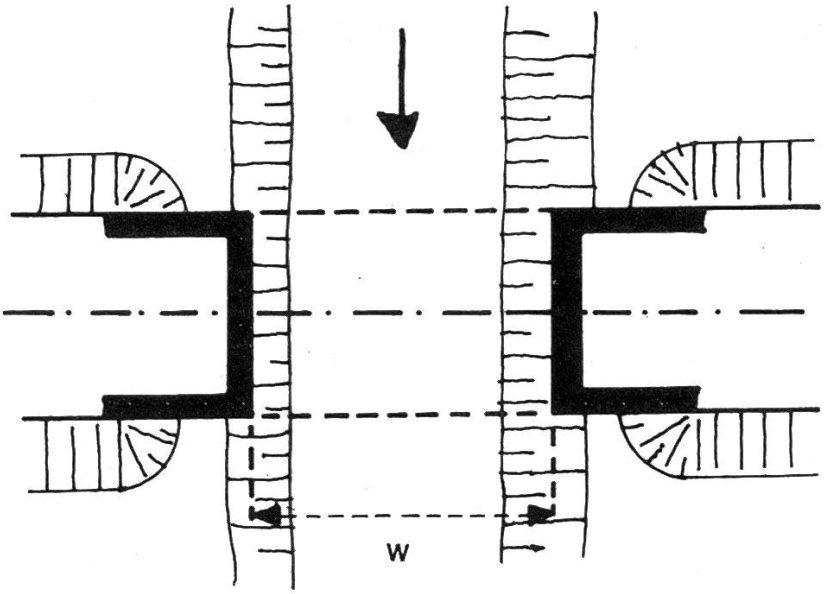


Abbildung 2. Rechtwinklige Brücke.

Ungünstig ist die Situation, wenn der Graben oder Bach schief zu einer rechtwinkligen Brücke verläuft *(Abbildung 3)*. Diese Lösung verursacht höhere Bau- und Unterhaltskosten, weil die Stützweite verlängert werden muss. Die

Lösung hat nur den Vorteil, dass die beiden Kurven vor und nach der Brücke entfallen.

Schiefe Brücken und Bogenbrücken erfordern spezielle Berechnungs- und Projektierungsgrundlagen (*H. Rüsch,* 1965). Deshalb sind sie auf den Forststrassen unerwünscht. Wenn schiefe Brücken nicht zu vermeiden sind, müssen sie gemäss *Abbildung 4* angelegt werden.

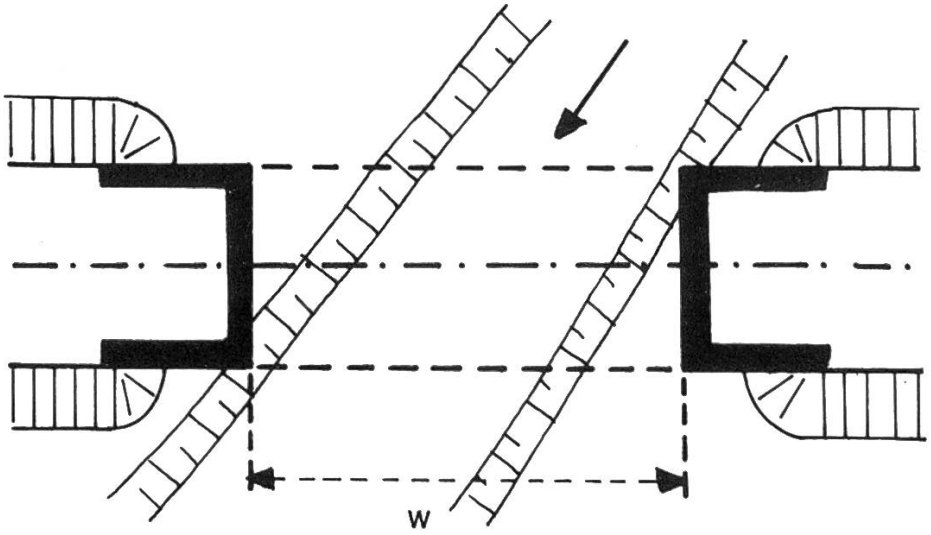


Abbildung 3. Überquerung eines schiefen Baches durch rechtwinklige Brücke.

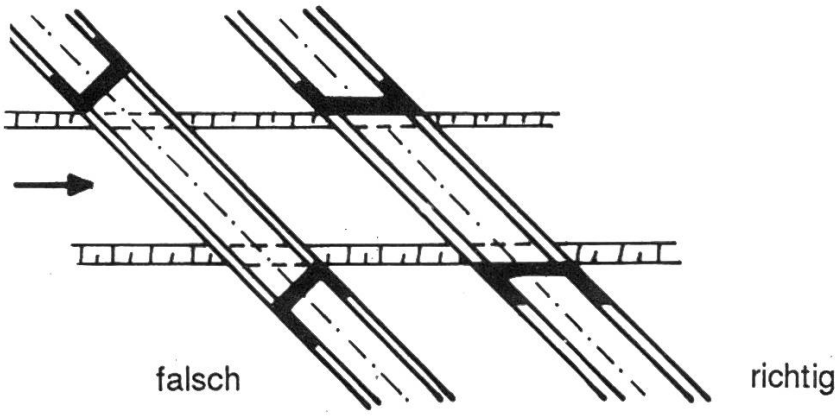


Abbildung 4. Anordnung der schiefen Brücken.

Um die Beziehung zwischen der Zahl der Kreuzungsbauwerke (Anzahl pro km Forststrasse) und der Erschliessungsdichte zu untersuchen, wurde eine Reihe von Erhebungen in der nördlichen Türkei durchgeführt.

Danach wurde festgestellt, dass mit zunehmender Erschliessungsdichte die Zahl der Kreuzungsbauwerke grösser wird. Ausserdem wurde die Beziehung zwischen der Lage der Forststrasse und der Kreuzungsbauwerkdichte gesucht. Folgende Werte wurden gefunden:

Talstrassen (322 km)

Grosse Brücken [1]	0,180 Stück/km
Kleine Brücken	0,242 Stück/km
Furten	0,149 Stück/km
Durchlässe	0,180 Stück/km

Hangstrassen (1030 km)

Grosse Brücken [1]	0,017 Stück/km
Kleine Brücken	0,124 Stück/km
Furten	0,050 Stück/km
Durchlässe	0,592 Stück/km

[1] Über 10 m Stützweite.

Diese Werte zeigen, dass der grösste Teil der Forststrassenbrücken bei Talwegen zu errichten ist. Bei Hangstrassen ist die erforderliche Anzahl Brücken in der Regel geringer, da hier wesentlich kleinere Gewässer überquert werden müssen. Sehr häufig reichen hier schon Durchlässe aus. Die Walderschliessung setzt in den meisten Fällen mit dem Bau von Talstrassen ein; im Anschluss daran werden die Hänge erschlossen. Es ist daher anzunehmen, dass mit zunehmendem Grad der Erschliessung immer weniger Brücken erforderlich sind, da mit zunehmender Entfernung vom Tal die Zahl der zu überquerenden Gewässer abnimmt und die Gewässer kleiner werden. Diese Tatsache haben auch andere Autoren festgestellt *(H. Mattes,* 1978).

Im Rahmen dieses Beitrags sei auch auf die Begriffe «Gewässerdichte» und «Gewässerverästelung» hingewiesen. Gewässerdichte wird als vorhandene Gewässerlänge pro km² Fläche, Gewässerverästelung als Zahl der Gewässergabelungen pro km Gewässerlänge definiert. In *Tabelle 1* wird ein Vergleich der Werte über Gewässerdichte und Gewässerverästelung für den Schwarzwald (D) und die nördliche Türkei angegeben.

Die Werte zeigen, dass in stark coupiertem Gelände – wie im Gebirge – grosse Gewässerdichte und Gewässerverästelung zu erwarten sind, welche die Zahl der Kreuzungsbauwerke erheblich erhöhen.

Am Schluss ist noch zu erwähnen, dass bei Forststrassenbrücken das Längsgefälle nach ähnlichen Überlegungen wie bei Forststrassen zu wählen ist. im Gebirge wird bei Talübergängen eine Wanne auszubilden sein. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Übergang von den Rampen zu der Brückenfahrbahn nicht zu kurz angelegt werden darf, um Stossbeanspruchungen beim Auffahren auf die Brücke zu vermeiden. Bei Gefällsbrüchen zwischen der Strasse und Brücke muss für 1% Neigungsänderung eine Ausrundungslänge von 5 bis 10 m gewählt werden (Kuonen, 1983).

Tabelle 1. Die Werte der Gewässerdichte und Gewässerverästelung in unterschiedlichen Untersuchungsgebieten (nach *Bleines,* 1968, *Erdaş,* 1983).

Gebiet	*Gewässerdichte*			*Gewässerverästelung*		
	min.	*max.*	*mittel*	*min.*	*max.*	*mittel*
Schwarzwald	0,14	5,0	1,80	1,8	6,2	3,6
nördliche Türkei	2,00	4,6	3,05	2,1	9,6	5,1

3.2 Hydrologische Kriterien

Aus hydrologischen Gründen sind Widerlager parallel zur Fliessrichtung des gekreuzten Gewässers zu führen. Aus Kostengründen wird häufig angestrebt, die Fahrbahnplatte möglichst senkrecht zu den Widerlagern zu legen.

Im Bereich der Brücke darf keine Verflachung des Gefälles vorhanden sein. Bei Gefällsbrüchen im weiteren Bereich der Brücke muss sich das stärkere Gefälle immer auf eine genügend lange Strecke nach Ober- und Unterstrom erstrecken, damit Ablagerungen im Brückenbereich vermieden werden.

Die Querschnitte im Abflussprofil sind so zu wählen, dass durch die Widerlager der Abflussquerschnitt möglichst wenig verbaut wird. Eine Einengung des Mittelwasserprofils ist zu vermeiden, da sie eine Verminderung der Fliessgeschwindigkeit zur Folge hat und zu unerwünschten Ablagerungen von Geschiebe führt. Um diese Situation zu verhindern, muss gegebenenfalls die Brücke etwas höher angelegt werden. In diesem Fall muss auch die Gradiente der Strasse der Brückenhöhe angepasst werden.

Die vielfach geübte Praxis, den Lichtraum der Brücke so zu verbreitern, dass er flächengleich mit dem Trapezprofil des Flussquerschnittes wird *(Abbildung 5a),* bewährt sich letztlich nicht. Der Querschnitt sollte eine hydraulisch bessere Ausbildung mit einer unverzögerten Durchleitung der Mittelwassermenge erhalten *(Abbildung 5b).*

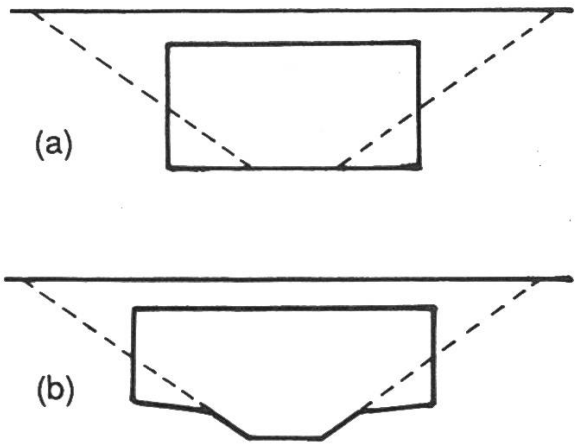


Abbildung 5. Querschnittgestaltung unter der Brücke.

Bei den Untersuchungen in der nördlichen Türkei wurden die Istwerte der vorhandenen Durchflusswerte der Brücken mit den Sollwerten verglichen. Die Sollwerte wurden nach der Rational-Methode und der Manning-Formel berechnet. Es wurde festgestellt, dass 21% der untersuchten Brücken kein ausreichendes Durchflussprofil besitzen.

3.3 Wirtschaftliche Kriterien

Betrachtet man die Baukosten einer Plattenbrücke für Platte und Widerlager getrennt, so zeigt sich, dass bei kleinen Stützweiten die Kosten der Widerlager die der Fahrbahnplatte übersteigen. Die Gegenüberstellung der Kosten für die Platten und die Widerlager, in Abhängigkeit der Stützweite angegeben, ist in *Tabelle 2* enthalten. Die Kosten der Platten für eine Stützweite von 2 m werden dabei als die Bezugsgrösse 1,0 angenommen.

Tabelle 2. Vergleich der Platten- und Widerlagerbaukosten in Abhängigkeit der Stützweite.

Stützweite m	*Plattenbaukosten 1)*	*Widerlagerbaukosten 2)*
2,0	1,00	3,00
3,0	1,67	3,22
4,0	2,51	3,65
5,0	3,54	4,11
6,0	4,98	4,71
7,0	6,44	5,60
8,0	8,08	6,90
9,0	9,90	8,21
10,0	11,83	9,95

1) Für die Brückenklasse: $H_{15}-S_{12}$ (siehe Kapitel 4).
2) Annahme: Widerlagerhöhe = $^1/_2$ Stützweite, inklusive Flügelmauern.

Die Werte zeigen, dass sich die beiden Kosten mit steigender Stützweite erheblich erhöhen. In einer weiteren Untersuchung von Erdaş (1988) wurde der Zusammenhang zwischen Strassen- und Brückenbaukosten untersucht. Das Ergebnis zeigt, dass in der nördlichen Türkei ein Laufmeter Brückenbaukosten durchschnittlich 75 Metern Strassenbaukosten entspricht, das heisst, in diesem Gebiet können anstelle einer 10-m-Brücke 750 m Forststrasse gebaut werden.

4. Projektierung der Forststrassenbrücken

Vom Brückenbau aus gesehen sollte es zwischen öffentlichen Strassen und Forststrassen keinen Unterschied geben. Ganz allgemein ist der Berechnung der Brückenbauwerke in Deutschland die DIN 1072: Lastannahmen für Strassen- und Wegebrücken zugrunde gelegt. Hierbei gelten die Brückenklassen 60 (SLW), 30 (SLW), 12 (LKW), wobei jeweils die Gesamtlast 600 kN, 300 kN und 120 kN beträgt *(W. Koch,* 1969).

In Deutschland werden die Forststrassenbrücken nach Brückenklasse 30 projektiert *(F. Hohenthaner,* 1973). In der Schweiz gilt für die Lastannahme die SIA Norm 160: Norm für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung der Bauten. Hier erfassen die Belastungsarten I und II die verschiedensten, normalerweise auftretenden Verkehrslasten. In Österreich gilt für die Forststrassenbrücken OeNorm B 4002. Danach wird die Gesamtlast in Brückenklasse I (100 kN) und Brückenklasse II (250 kN) unterschiedlich behandelt *(F. Hafner,* 1971). In den USA sind die Brückenklassen in vier Gruppen unterteilt: Brückenklasse 4–12, 13–30, 31–60, 61–100. Die Forststrassenbrücken werden der Brückenklasse 13–30 zugeteilt *(Guide to Bridge Hydraulic,* 1973). In der Türkei sind die Brückenklassen in vier Gruppen eingeordnet: $H_{30}-S_{24}$, $H_{20}-S_{16}$, $H_{15}-S_{12}$ und H_{10}· H_{30} bezeichnet einen Lastwagen mit einer Gesamtlast von 300 kN (30 t), S_{24} seinen Anhänger mit einer Gesamtlast von 240 kN (24 t). Für die Projektierung der Forststrassenbrücken werden entweder $H_{15}-S_{12}$ oder H_{20} gewählt (Erdaş, 1988).

Bei allen Brückenklassen sind die Hauptlasten und gleichmässig verteilten Nutzlasten mit einem Stosszuschlag zu multiplizieren, welcher sich mit der Länge der Stützweite ändert. Die Forststrassenbrücken können im allgemeinen nach Balkentheorie und Plattentheorie berechnet werden. Die Plattentheorie ergibt ab 3,5 m Stützweite kleinere Momente, also kleinere Plattendicken als die Balkentheorie. Das kommt daher, dass Platten die Last auf die gesamte Fläche besser verteilen als die Balken (H. Rüsch, 1965).

5. Bau der Brücken und Konstruktion des Schalgerüstes

Die geplanten Brückenneubauten und Erneuerungen hängen in erster Linie von der wirtschaftlichen Entwicklung des Landes ab. Mit Bestimmtheit lässt sich jedoch sagen, dass in der Forstwirtschaft Baumethoden bevorzugt werden, die sich durch folgende Punkte auszeichnen:

- rascher Baufortschritt
- einfache, möglichst risikofreie Bauausführung
- geringe Baukosten
- von äusseren Einflüssen unabhängiger Bau

Zuletzt ist noch anzumerken, dass die in der Forstwirtschaft zu überquerenden Gewässer sehr häufig Wildbachcharakter haben und deshalb die Tendenz zu Bauwerken vorherrscht, die unterstellungsfrei durchzuführen sind. Dies ist eine Forderung, die von den Stahlbetontragwerken erfüllt werden kann.

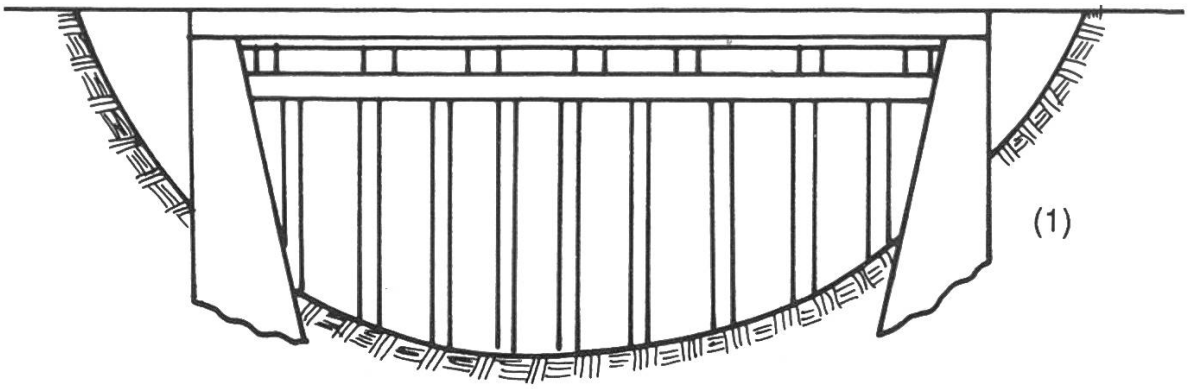
Beim Bau der Stahlbetonbrücken muss auf folgende Kriterien geachtet werden:

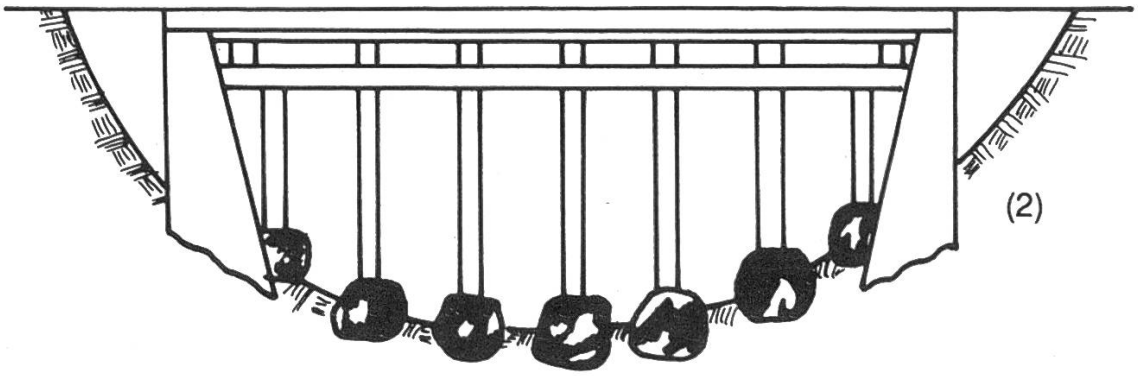
Die Qualität des Betons steigt im allgemeinen mit zunehmender Dichte und hängt von der Gleichmässigkeit seiner Zusammensetzung und Verarbeitung ab. Daher muss bei der Betonherstellung der Granulometrie des Kies-Sand-Gemisches, dem Zementgehalt und der Wassermenge sowie der Verarbeitung und Nachbehandlung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden (SIA Norm 162, Art. 204).

Schalungen und Gerüst sind genügend widerstandsfähig und sorgfältig auszuführen, damit weder Durchbiegungen noch Verschiebungen eintreten. Das Gerüst für die Forststrassenbrücken wird in der Regel aus Holz (Rundholz oder Kantholz) erstellt. Die Ständer (16 bis 18 cm dick), in Abständen von etwa 1,0 m, stehen am besten auf waagrechten Schwellen. Das aus Stützen bestehende Gerüst muss in Längs- und Querrichtung stabil sein.

In *Abbildung 6* werden für kleine Forststrassenbrücken verschiedene Gerüstkonstruktionen angegeben, wobei die Variante 3 als zuverlässige Lösung angesehen wird.

Zum Schluss sei noch auf die Fundamenttiefe der Widerlager hingewiesen. Die Tiefe des Fundaments sollte nicht weniger als 2,0 m betragen *(Abbildung 7)*. Das Fundament muss aus Normalbeton hergestellt und gut verdichtet werden. Die Auflagerbank des Widerlagers muss aus B 300, der Hauptteil (aufgehendes Widerlager) und das Fundament aus B 225 bestehen.





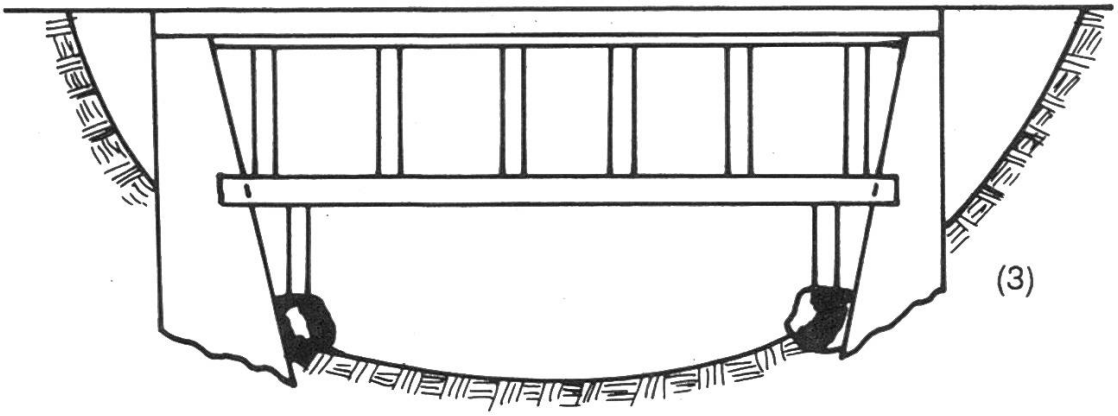


Abbildung 6. Gerüstkonstruktion bei kleinen Forstbrücken.

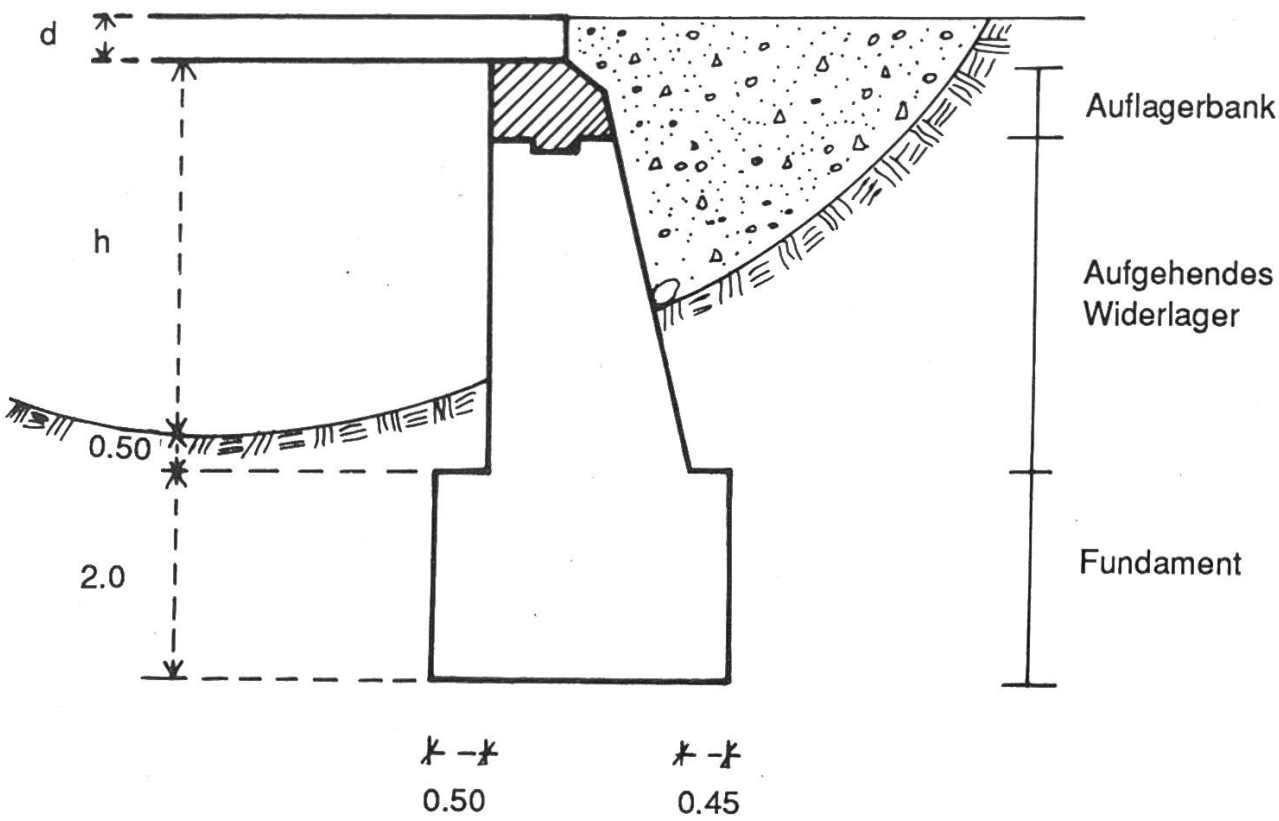


Abbildung 7. Widerlager und Fundamenttiefe im Unterbau einer Forststrassenbrücke.

Résumé

Planification de ponts dans le cadre de routes forestières

Pour déterminer les critères de planification pour de petits ponts, 114 ponts répartis sur 1352 km de route forestière ont été étudiés du point de vue technique, hydrologique et économique. Ces ponts ont une longueur moyenne de 5,1 m, 81% ont un profil d'écoulement suffisant, 70% sont placés dans des courbes et 84% sont perpendiculaires au cours d'eau. Dans 82% des cas, l'emplacement du pont a été correctement choisi.

Pour la planification de routes forestières les ponts en béton armé dimensionnés selon la théorie des dalles en béton armé sont recommandés car ils sont économiques et permettent une portée pouvant aller jusqu'à 12 m sans pilier.

Traduction: *B. Weber*

Literatur

Bleines, W. (1968): Durchlässe. Technische Hochschule Karlsruhe, 193 S. – DIN 1076 Strassen- und Wegbrücken, Dezember 1959.

Erdaş, O. (1983): Planung und Projektierung der Stahlbetonplattenbrücken auf den Waldstrassen (türkisch mit deutscher Zusammenfassung). Trabzon, 136 S.

Erdaş, O. (1988): Forstlicher Strassenbau und Holztransport (türkisch). Trabzon, 560 S.

Guide to Bridge Hydraulic (1973): Roads and Transportation Association of Canada, University of Toronto Press, 189 S.
Hafner, F. (1971): Forstlicher Strassen- und Wegebau. Österreichischer Agrarverlag, 360 S.
Hohenthaner, F. (1973): Vertikale Verkehrslasten auf Forststrassen und Brücken. Allg. Forstzeitung, Nr. 8, S. 148–154.
Koch, W. (1969): Brückenbau. Wernerverlag Düsseldorf, Teil I, 196 S.
Kuonen, V. (1980): Zur Planung von Furten. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, *131,* Nr. 7, S. 573–578.
Kuonen, V. (1983): Wald- und Güterstrassen. Eigenverlag, 743 S.
Laskus, A., Schröder, H. (1955): Hölzerne Brücken. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 259 S.
Mattes, H. (1978): Stand des Forstbrückenbaus in Österreich. Int. Holzmarkt 14, S. 3–16.
Rüsch, H. (1965): Berechnungstafeln für rechtwinklige Fahrbahnplatten von Strassenbrücken. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 85 S.
SIA Norm 160: Norm für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung, Ausgabe 1970, 36 S.
SIA Norm 162: Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Ausgabe 1968, 81 S.