

Das Nivellierinstrument mit Wendelibelle

Autor(en): **Schönholzer, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **117/118 (1941)**

Heft 19

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83446>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Das Nivellierinstrument mit Wendelibelle

Von Dipl. Ing. A. SCHÖNHOLZER, Heerbrugg

Die Wende- oder Reversionslibelle wurde 1859 durch den Schaffhauser Alfr. Amsler, u. a. Erfinder des Polarplanimeters, in die Konstruktion von Nivellierinstrumenten eingeführt und fand seither zahlreiche Anwendung. Ihre Verbreitung wird gerechtfertigt durch die Vorteile, die sie unter gewissen Bedingungen bietet. Merkwürdig ist aber, dass gerade die unerlässlichen Vorbedingungen zur korrekten Justierung und vollen Ausnützung dieser Instrumente den weitesten Kreisen der Benutzer unbekannt geblieben sind. Dies mag daher rühren, dass in den Instrumentenbeschreibungen sehr selten nähere Angaben zu finden sind, ob und in welcher Weise diese Bedingungen erfüllt sind und mit welchen Fehlerquellen man zu rechnen hat. Viele Nivelliere bieten oft gar keine Möglichkeit, einen bei vollständiger Prüfung festgestellten Fehler der Wendelibelle zu beheben, und damit das Instrument voll leistungsfähig zu machen. So erscheint es angezeigt, einmal eine grundsätzliche und allgemein verständliche Darlegung der Charakteristiken dieses Instrumententyps zu veröffentlichen, zur Orientierung der Besitzer von älteren wie von modernen Modellen.

«Wenden» einer Libelle bedeutet eine Drehung von 200° um ihre horizontale Längsaxe, im Gegensatz zu «Umkehren», Drehen um eine lotrechte Axe (Vertauschen der Enden). Eine Wendelibelle hat daher zwei Spielpunkte, je einen in erster und in zweiter Lage. Die Libellenaxe ist definiert durch die Tangente an die geschliffene Innenkurve im Spielpunkt; eine Wendelibelle hat demzufolge auch zwei Axen. Es ist natürlich gleichgültig, ob zur Einstellung der Blase auf die beiden Spielpunkte zwei Teilungen oder ein Prismensystem benützt werden. Im letzten Fall geschieht die Beobachtung in der Lage I unmittelbar, in Lage II durch die Libelle hindurch.

Wir wollen zur Vereinfachung vorerst annehmen, die beiden Axen einer Wendelibelle seien parallel und diese selbst fest mit dem um seine Längsaxe drehbaren Fernrohr verbunden. Die Libellenaxe L schliesse mit der Ziellinie Z den Winkel α , diese mit der Wendeaxe W des Fernrohres (und der Libelle) den Winkel β ein. Nachdem durch Einspielen der Blase die Libellenaxe horizontalisiert wurde, ist die Ziellinie um α nach oben geneigt (Abb. 1). Durch das Wenden erhält die Libellenaxe eine Neigung von $2(\alpha + \beta)$ und die Ziellinie $\alpha + 2\beta$. Durch Wiedereinstellen der Blase mit der Kippschraube wird das ganze System um $-2(\alpha + \beta)$ gekippt: die Libellenaxe ist erneut horizontal und die Ziellinie um $(\alpha + 2\beta) - 2(\alpha + \beta) = -\alpha$ nach unten geneigt. Das Mittel der beiden Zielungen mit den Neigungen $+\alpha$ und $-\alpha$ ergibt also den richtigen Wert ohne Rücksicht auf die Grösse der Winkel α und β . Die Gebrauchsjustierung erfolgt durch Einstellen des Fernrohres auf die richtige Höhe und Verstellen des Libellenkörpers bis zum Wiedereinspielen der Blase. Dadurch wird der Winkel α zu Null: die Zielaxe ist parallel zur Libellenaxe und daher horizontal. Die Zielungen in erster und zweiter Lage ergeben die gleiche Lattenablesung.

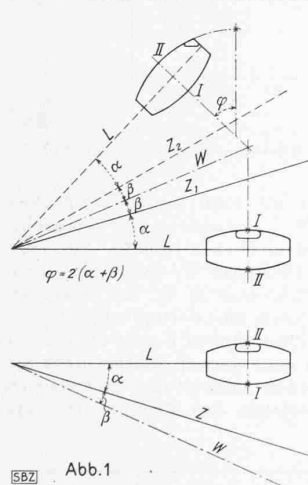


Abb. 1

So ergeben sich für ein Nivellier, das mit einer parallelaxigen Wendelibelle ausgerüstet ist, zwei Vorteile: 1. Das Instrument gestattet uns, ganz unabhängig vom Justierzustand (Grösse des Winkels α) richtige Ergebnisse zu erzielen. 2. Da der Winkel β keine Bedeutung hat, kann die Strichplatte fest in das Fernrohr eingebaut werden. Diese Tatsachen ermöglichen eine rasche und einfachste Nivellierprobe und Justierung von einem Standpunkt aus. Ist das Instrument justiert, wird man natürlich nur noch in Lage I beobachten und die Lage II höchstens zu gelegentlichen Kontrollen benötigen.

Der feste Einbau der Strichplatte ist, unseres Erachtens zu Unrecht, nur selten angewandt worden; denn dieser gibt eine Dejustiermöglichkeit weniger. Die Praxis hat gezeigt, dass die Justierhaltigkeit eines Instrumentes ungefähr umgekehrt proportional den Justiermöglichkeiten verläuft. Wenn β Null wäre, würden alle drei Axen parallel sein, d. h. beim Wenden des Fernrohres spielte die Libelle auch ohne Betätigung der Kippschraube

wieder ein. Dies würde eine kleine Zeitersparnis bedeuten, was aber kaum die Vorteile des festen Einbaus aufwiegt. Der Praktiker wird beim Messen auf alle Fälle das Fernrohr in Lage II zuerst auf die Ablesung der Lage I einstellen. Der Libellenausschlag ist dann nur noch sehr klein; trotzdem wird der Konstrukteur β so klein als möglich halten.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, rechtfertigen diese Vorteile den häufigen Gebrauch der parallelaxigen Wendelibelle wirklich. Für den Konstrukteur ergeben sich die folgenden Überlegungen: 1. Die Verbindung Fernrohr-Libelle muss sehr stabil, aber justierbar sein. Alle andern Verbindungen und Lager sind von sekundärer Bedeutung. 2. Die Strichplatte kann fest eingebaut werden, soll aber gut zentriert sein, damit β nicht zu gross wird.

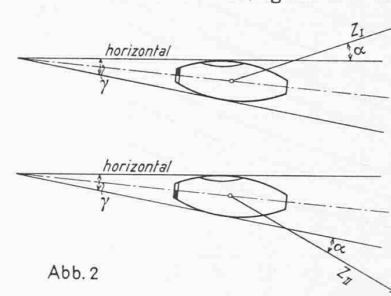


Abb. 2

Wir nehmen in Abb. 2 den gleichen Fall an wie in Abb. 1, nur dass die Libellenaxen I und II den Winkel γ einschliessen. Die erste Zielung an die Latte ist um den Betrag von $+\alpha$, die zweite aber um $-(\alpha + \gamma)$ gegen die Horizontale geneigt. Das Mittel der beiden Zielungen ist also um den Betrag $-\frac{\gamma}{2}$ verfälscht. Diesen Fehler hatte schon Amsler erkannt und eine Methode zu dessen Behebung angegeben. Er löste die Libelle vom Fernrohr, kehrte sie um und befestigte sie von neuem am Fernrohr. Durch diesen Vorgang wird höchstens der Winkel α geändert, dessen Grösse, wie wir erkannt haben, keinen Einfluss auf das Ergebnis hat. Aus Abb. 3 geht hervor, dass in erster Lage die Zielung um α' zu hoch, in der zweiten aber um $\alpha' - \gamma$ zu tief ist. Das Mittel dieser beiden Zielungen ist also um $+\frac{\gamma}{2}$ verfälscht. Bilden wir jetzt das Mittel aller vier Zielungen, so erhalten wir $-\frac{\gamma}{2} + \frac{\gamma}{2} = 0$. Dies bedeutet, dass vier Zielungen den von allen Fehlereinflüssen befreiten Wert ergeben.

Stellen wir jetzt die Libelle in der Gebrauchslage auf diesen Wert ein ($\alpha = \text{Null}$), wenden und spielen wieder ein, so erhalten wir an der Latte eine um γ verfälschte Ablesung; das Mittel der beiden Zielungen ist wieder um $\frac{\gamma}{2}$ verfälscht. Den gleichen Fall erhielten wir, wenn die Ablesungen in Lage I und II das gleiche Resultat ergeben würden, was trotz des Vorhandenseins eines Winkels γ möglich ist: die Ziellinie bildet die Winkelhalbierende der beiden Libellenaxen, α ist dann $\frac{\gamma}{2}$. Gleichwohl findet man häufig die Ansicht, ein Nivellier mit Wendelibelle ergebe stets absolut richtige Werte, wenn beide Lagen die gleiche Ablesung ergeben.

Wir erkennen, dass es nicht möglich ist, mit nur zwei Zielungen den Einfluss des Libellenfehlers zu eliminieren. Wohl können wir die Lage I, die Gebrauchslage, justieren, aber schon das Wenden, das eine Garantie gegen Justierfehler bieten soll, verfälscht das Ergebnis. Damit fallen die grössten Vorteile der Wendelibelle, absolute Fehlerfreiheit des Mittels der Lagen I und II und rascheste Justierung, dahin. Es ist daher nicht recht begreiflich, dass diesem Punkt im allgemeinen wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Nachdem wir so den Einfluss der Unparallelität der Libellenaxen erkannt haben, fragen wir nach der einfachsten Methode zu deren Behebung. Die nächstliegende Lösung wäre wohl eine Libelle mit einer festen und einer beweglichen Teilung, die ein genaues Einstellen der einen Axe parallel zur anderen gestatten

wieder ein. Dies würde eine kleine Zeitersparnis bedeuten, was aber kaum die Vorteile des festen Einbaus aufwiegt. Der Praktiker wird beim Messen auf alle Fälle das Fernrohr in Lage II zuerst auf die Ablesung der Lage I einstellen. Der Libellenausschlag ist dann nur noch sehr klein; trotzdem wird der Konstrukteur β so klein als möglich halten.

Wie aus Vorstehendem hervorgeht, rechtfertigen diese Vorteile den häufigen Gebrauch der parallelaxigen Wendelibelle wirklich. Für den Konstrukteur ergeben sich die folgenden Überlegungen: 1. Die Verbindung Fernrohr-Libelle muss sehr stabil, aber justierbar sein. Alle andern Verbindungen und Lager sind von sekundärer Bedeutung. 2. Die Strichplatte kann fest eingebaut werden, soll aber gut zentriert sein, damit β nicht zu gross wird.

Wir nehmen in Abb. 2 den gleichen Fall an wie in Abb. 1, nur dass die Libellenaxen I und II den Winkel γ einschliessen. Die erste Zielung an die Latte ist um den Betrag von $+\alpha$, die zweite aber um $-(\alpha + \gamma)$ gegen die Horizontale geneigt. Das Mittel der beiden Zielungen ist also um den Betrag $-\frac{\gamma}{2}$ verfälscht. Diesen Fehler hatte schon Amsler erkannt und eine Methode zu dessen Behebung angegeben. Er löste die Libelle vom Fernrohr, kehrte sie um und befestigte sie von neuem am Fernrohr. Durch diesen Vorgang wird höchstens der Winkel α geändert, dessen Grösse, wie wir erkannt haben, keinen Einfluss auf das Ergebnis hat. Aus Abb. 3 geht hervor, dass in erster Lage die Zielung um α' zu hoch, in der zweiten aber um $\alpha' - \gamma$ zu tief ist. Das Mittel dieser beiden Zielungen ist also um $+\frac{\gamma}{2}$ verfälscht. Bilden wir jetzt das Mittel aller vier Zielungen, so erhalten wir $-\frac{\gamma}{2} + \frac{\gamma}{2} = 0$. Dies bedeutet, dass vier Zielungen den von allen Fehlereinflüssen befreiten Wert ergeben.

Stellen wir jetzt die Libelle in der Gebrauchslage auf diesen Wert ein ($\alpha = \text{Null}$), wenden und spielen wieder ein, so erhalten wir an der Latte eine um γ verfälschte Ablesung; das Mittel der beiden Zielungen ist wieder um $\frac{\gamma}{2}$ verfälscht. Den gleichen Fall erhielten wir, wenn die Ablesungen in Lage I und II das gleiche Resultat ergeben würden, was trotz des Vorhandenseins eines Winkels γ möglich ist: die Ziellinie bildet die Winkelhalbierende der beiden Libellenaxen, α ist dann $\frac{\gamma}{2}$. Gleichwohl findet man häufig die Ansicht, ein Nivellier mit Wendelibelle ergebe stets absolut richtige Werte, wenn beide Lagen die gleiche Ablesung ergeben.

Wir erkennen, dass es nicht möglich ist, mit nur zwei Zielungen den Einfluss des Libellenfehlers zu eliminieren. Wohl können wir die Lage I, die Gebrauchslage, justieren, aber schon das Wenden, das eine Garantie gegen Justierfehler bieten soll, verfälscht das Ergebnis. Damit fallen die grössten Vorteile der Wendelibelle, absolute Fehlerfreiheit des Mittels der Lagen I und II und rascheste Justierung, dahin. Es ist daher nicht recht begreiflich, dass diesem Punkt im allgemeinen wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Nachdem wir so den Einfluss der Unparallelität der Libellenaxen erkannt haben, fragen wir nach der einfachsten Methode zu deren Behebung. Die nächstliegende Lösung wäre wohl eine Libelle mit einer festen und einer beweglichen Teilung, die ein genaues Einstellen der einen Axe parallel zur anderen gestatten

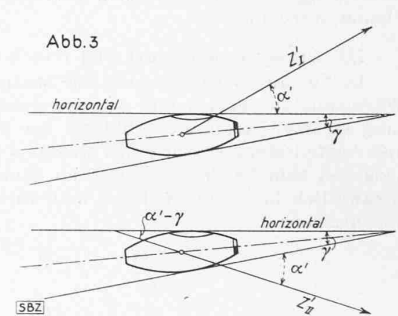


Abb. 3

würde. Diese Konstruktion ist aber unseres Wissens nie durchgeführt worden. Die Teilungen sind stets auf die Libellenoberfläche graviert und daher unveränderlich. Dies wäre ein grosser Vorteil, wenn die Axen wirklich parallel und unveränderlich wären. Eine (allerdings geringe) Ungenauigkeit wird meistens vorhanden sein. Es hat sich auch gezeigt, dass Temperaturschwankungen in der Libellenfassung und im Glas merkliche Deformationen zur Folge haben können. Die dauernde Erhaltung der gegenseitigen Lage zweier durch feste Teilungen oder Marken bestimmter Libellenaxen ist daher fragwürdig.

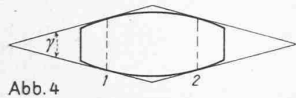


Abb. 4

Anders liegen die Verhältnisse bei Instrumenten mit Prismenablesung oder, was für unsere Betrachtung dasselbe ist, zwei Teilungen auf einem die Libelle umschliessenden

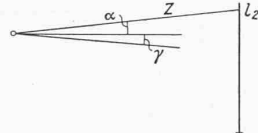
Mantel. Wie aus Abb. 4 hervorgeht, muss sich zwischen den dort bezeichneten Stellungen 1 und 2 des Ablesesystems stets ein Ort finden lassen, dem parallele Tangenten entsprechen. Es besteht also die Möglichkeit, den Winkel γ zu Null zu machen. Aus dieser Ueberlegung gelangen wir zu der folgenden allgemeinen Justiermethode für Nivelliere mit Wendelibelle.

Vollständige Justierung eines Nivellierinstrumentes mit Wendelibelle

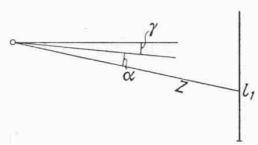
a) Bestimmen der einer horizontalen Zielung entsprechenden Lattenablesung l



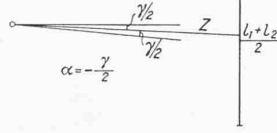
b) In Fernrohrlage II Latte anzielen, Libelle mit Kippschraube einspielen lassen. Latte ablesen = l_2



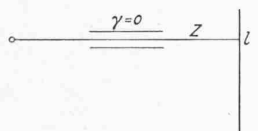
c) Fernrohr wenden. Libelle mit Kippschraube einspielen lassen. Latte ablesen = l_1 , Mittelwert rechnen: $\frac{l_1 + l_2}{2}$



d) Mit Kippschraube Fernrohr auf diesen Mittelwert einstellen und Libelle mit den Justierschrauben neigen bis sie einspielt



e) Auf die in a) bestimmte Lattenablesung einstellen und Prismensystem der Libelle verschieben bis Blase einspielt



Von diesen Arbeiten nimmt Punkt a) «Bestimmung der horizontalen Zielung», die meiste Zeit in Anspruch, da er die normale Nivellierprobe mit Zielung aus der Mitte erfordert. Es fehlt nicht an Konstruktionen, um diese Unbequemlichkeit zu vermeiden. Da ist zuerst die vierfache Zielung nach Amsler zu nennen. Es gibt aber nur wenige Modelle, die gestatten, diese Messung durchzuführen, und dies hat seinen ganz bestimmten Grund. Die Bedingung der Umkehrung der Libelle widerspricht klar der früher aufgestellten Forderung der möglichst stabilen Verbindung von Fernrohr und Libelle. Allerdings gibt es eine Konstruktion, die beiden Forderungen entspricht: das jetzt nicht mehr gebaute Wild-Zeiss'sche Nivellier. Dort wird aber nicht die Libelle, sondern die Ziellinie umgekehrt (was theoretisch das selbe ist) durch Anordnung eines zweiachsiges Fernrohrs mit umsteckbarem Okular. Diese theoretisch sehr elegante Lösung des Problems erfordert aber eine kompliziertere und lichtschwache Optik und erhöht die Kosten (zwei Objektive sind erforderlich). Eine andere Lösung besteht darin, das Fernrohr umlegbar zu machen, damit das Nivellier ohne Berücksichtigung der Wendelibelle von einem Standort aus zu justieren ist. Dies erfordert aber zwei zusätzliche Bedingungen: die Strichplatte muss justierbar sein und die beiden Fernrohrlagerringe müssen

genau gleichen Durchmesser haben. Diese Forderungen machen aber gerade wesentliche Vorteile der Wendelibelle, die wir weiter oben kennen lernten, zunichte.

Die beste Lösung scheint aus einer Konstruktion zu bestehen, die eine Verschiebung des Ablesesystems durch äussere Einflüsse überhaupt verhindert. Eine vollständige Prüfung des Instrumentes ist dann höchstens am Anfang und Ende einer Feldarbeitsperiode nötig. Sollte sich im Laufe der Zeit tatsächlich eine Veränderung an der Libelle zeigen, oder muss diese infolge Beschädigung ausgewechselt werden, gibt uns die vorstehende Justieranleitung die Möglichkeit der restlosen Behebung der Winkel α und γ . Hieraus ergeben sich für den Konstrukteur folgende neue Forderungen zu den weiter oben gestellten: 3. Das Ablesesystem muss (mindestens in der Werkstätte) so justierbar sein, dass die Libellenaxen parallel ausgerichtet werden können. 4. Das Ablesesystem muss mit der Libelle derart eingekapselt sein, dass eine gegenseitige Verstellung durch äussere Einflüsse unmöglich wird.

Erfüllt ein Nivellier auch diese Bedingungen, so besteht die Justierung nur noch aus dem Beheben eines Winkels α . Die Prüfung der Libellenaxen ist keine Justierung mehr, sondern hat den Charakter einer Totalrevision des Instrumentes, wie sie ohnehin einmal im Jahre durchgeführt werden soll. Um auch diese Prüfung noch abzukürzen, wird hier und da die richtige Lage des Ablesesystems und damit der Libellenaxe durch Striche auf dem Libellenkörper bezeichnet. Im Hinblick auf die früher aufgeführten Bedenken erscheint aber der Wert dieser Markierung zweifelhaft, umso mehr als damit die Hauptfrage der Prüfung, Parallelität der Libellenaxen, umgangen wird. Ein vor nicht langer Zeit erschienenes Instrument ist sogar so konstruiert, dass wohl γ , nicht aber α korrigierbar ist. Man verzichtet somit auf die wichtigsten Vorteile der Wendelibelle.

Als Beispiel eines Instrumentes, das den gestellten Anforderungen entspricht, nennen wir das WILD-Nivellier N II. Seine Libelle ist mit ihrem Ablesesystem in einen geschlossenen Metallkasten eingebaut. Fernrohrkörper und Libellenträger sind aus einem Stück gegossen. Zur Parallelstellung der Libellenaxen können die Ableseprismen durch zwei versenkte, von aussen zugängliche Zugschrauben parallel zur Libellenaxe verschoben werden. Das Ausrichten der Libelle parallel zur Zielaxe geschieht mit den bekannten Justierschrauben, die das eine Ende der Libellenfassung heben oder senken. Die Strichplatte ist so zentriert, dass der Winkel β den Betrag von $6c$ (5 cm auf 50 m) nicht überschreitet. So verbindet dieses Instrument die Vorteile der Wendelibelle mit der weitgehenden Ausschaltung ihrer Nachteile.

Nationale Verkehrspolitik in der Schweiz

In der «Zeitung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen» vom 30. Januar 1941 beleuchtet Dr. F. Wanner (SBB, Bern) sehr gründlich Entwicklung und Stand unserer Verkehrsverhältnisse und die sich daraus ergebenden Notwendigkeiten für deren weiteren Ausbau.

Wenn man auch der historischen Mission der Schaffung völkerverbindender Verkehrswege im Herzen Europas¹⁾ entsprochen und auch die durch den beschränkten Verkehrsraum unseres Landes bedingte Notwendigkeit einer nationalen Verkehrspolitik schon früh erkannt hat, beeinflussten doch immer wieder enge regionale und kantonale Gesichtspunkte unsere Verkehrseinrichtungen. Das zeigte sich in besonders ungünstiger Weise in der den Kantonen überlassenen Automobilgesetzgebung, was eine Koordination der Verkehrsmittel erschwerte und zu der in rechtlicher und finanzwirtschaftlicher Beziehung verschiedenen Behandlung des Schienen- und Strassentransportes geführt hat. Da es bis heute an Mut und politischer Reife fehlte, gesetzgeberisch oder steuertechnisch die Wettbewerbsgrundlagen von Eisenbahn und Automobil zu regeln, haben sich unterdessen durch die Erstarkung des Automobilgewerbes die Lösungsmöglichkeiten noch bedeutend erschwert und verteuert.

Die mit dem Krieg einsetzende Verkehrszunahme bei gleichzeitiger Drosselung des Strassenverkehrs durch Benzinmangel brachte die Festkostengesetze der Eisenbahn zum überzeugenden Ausdruck, indem im Jahre 1939 von den SBB eine Mehrleistung von 5 Mio Reisenden (5000 Personenzüge) und 3 Mio Güter-

¹⁾ Die geschichtliche Mission der Schweiz als Hüterin der Alpenpässe ist zu allen Zeiten erkannt worden, so auch von Bismarck, der in der Reichstagsitzung vom 25. Mai 1870 anlässlich der finanziellen Beteiligung Deutschlands am Bau der Gotthardbahn (vgl. «50 Jahre G. B.» in «SBZ» Bd. 99, Nr. 22 vom 28. Mai 1932) erklärt hat, «ein direkter Schienenweg durch die Alpen, der einzig von einer neutralen Macht wie der Schweiz abhängt und nicht in den Händen einer Grossmacht liegt, sei für Deutschland eine politische Notwendigkeit.»