**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft
**Band:** 38 (1980)
**Heft:** [1]: Sondernummer = numéro spécial = numero speciale

**Artikel:** Holz als Werkstoff für astronomische Geräte
**Autor:** Ziegler, H.G.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-899586

**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:** 10.07.2025

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

# Holz als Werkstoff für astronomische Geräte

H.G. ZIEGLER

## 1. Einleitung

Es dürfte heute nur wenige Amateure geben, die überzeugt sind, dass Holz ein für astronomische Geräte sehr geeigneter Werkstoff ist. Zu Holz wird wohl kaum der ambitiöse und an anspruchsvollen Arbeiten interessierte Amateur greifen! Holz ist doch in erster Linie der Werkstoff für den Anfänger, für den Amateur mit bescheidenen finanziellen Mitteln, für den, dem es an Metallbearbeitungsmöglichkeiten mangelt oder der meint, dass sich Holz viel einfacher und problemloser bearbeiten lässt! Die praktische Erfahrung vieler Amateure mit Geräten aus Holz scheint diesen Thesen Recht zu geben. Nun hat es mit der Erfahrung, im landläufigen Sinn verstanden, eine Bewandtnis, die eine kritische Einstellung zu ihr immer rechtfertigt. In der Regel stellt man fest, dass viel Erfahrungsgut, das wir als gesichert ansehen, einer eingehenden Prüfung nicht standhält. Untersucht man die von Amateuren aus Holz gebauten Geräte, dann zeigt sich, dass schon bei ihrer Konzeption den Eigenschaften des Werkstoffes Holz kaum Rechnung getragen wurde und dass sie zudem nur in ganz seltenen Fällen so holzgerecht hergestellt wurden, wie sie ein Schreiner hergestellt hätte. Die Kunst, Gegenstände aus Holz richtig zu konzipieren, ist heute nur noch wenigen geläufig und ausserdem gibt es kaum einen zweiten Werkstoff, der sich so leicht und so brutal wie Holz vergewaltigen lässt; schnell zu Hammer und Nagel gegriffen und mit einigen Schlägen ist das Ding zusammengezimmert! Wenn aus Holz gefertigte Geräte nur sehr bescheidenen Ansprüchen genügen, dann ist dies nicht dem Werkstoff Holz anzulasten, sondern der Art und Weise, wie wir mit ihm umgehen. Ein holzgerecht konzipiertes und holzgerecht hergestelltes Gerät besitzt Eigenschaften, die nur wenig denen eines aus Metall gefertigten nachstehen.

Wie sieht es mit der leichten und problemlosen Bearbeitbarkeit, wie mit den einfachen Werkzeugen und Einrichtungen aus? Dass man ein Gerät nur mit Hammer und Nagel, vielleicht noch mit einer alten Säge, «auch» zusammenzimmern kann, wurde bereits erwähnt. Für eine holzgerechte Bearbeitung benötigt man jedoch eine ganze Reihe guter Werkzeuge. So an die 300.– bis 400.– Franken muss man da schon auslegen und da ist eine kleine universelle Holzbearbeitungsmaschine, z.B. eine Inca-Fräse, noch nicht inbegriffen. Für umfangreichere Holzarbeiten oder den Bau einer Holzmontierung ist der Besitz oder Zugang zu einer solchen Holzbearbeitungsmaschine fast unerlässlich. Ein weiteres Problem vieler Hobbyschreiner ist, dass alle Holzbearbeitungswerkzeuge einwandfrei scharf sein müssen, denn mit stumpfen Werkzeugen lässt sich Holz nicht sauber und genau bearbeiten. Das richtige Abziehen eines Hobelmessers und Stechbeitels oder das Nachschärfen einer Säge ist keine einfache Sache, ist eine Kunst, die gelernt sein will. Man kann daher wohl sagen, dass die fachgerechte Holzbearbeitung geradeso anspruchsvoll und schwierig wie die der Metalle ist. Dessen sollte sich jeder, der zu Holz greift, bewusst sein.

Auch mit dem billigen Werkstoff Holz hat es so seine Bewandtnis! Man fällt aus allen Himmeln, wenn man heute bei einem Schreiner Holz in gehobelter und zugeschnittener Form kauft. Billig kommt nur der weg, der einen Schreiner gut kennt und Zugang zu Holzbearbeitungsmaschinen und zu Holzabfällen hat, wie sie in Schreinereien anfallen.

Zusammenfassend lässt sich sagen:

- Aus Holz lassen sich bei holzgerechter Konzeption und fachgerechter Ausführung durchaus hochwertige Instrumente und Geräte bauen.
- Holz ist ein sehr anspruchsvoller und eigenwilliger Werkstoff, zu dem nur der greifen sollte, der mit seinen Eigenschaften gut vertraut ist.
- Holz ist ein keineswegs einfach zu bearbeitender Werkstoff.
- Für die Holzbearbeitung sind eine ganze Reihe guter und ständig scharf zu haltender Werkzeuge erforderlich, die ihren Preis kosten.
- Holz ist kein billiger Werkstoff.

## 2. Allgemeine Anmerkungen zum Konstruieren

Was heisst konstruieren, was holzgerecht konstruieren? Konstruieren ist eine bei Amateuren wenig beliebte und wenig geübte Tätigkeit, eine Tätigkeit, die vielfach als Zeitverschwendung angesehen wird. Auch meinen viele Amateure, dass man sich durch einiges Nachdenken eine ganz klare Vorstellung von einem technischen Objekt machen, und es anhand dieser gedanklichen Vorstellung auch herstellen kann. Schon sehr einfache Gegenstände lassen sich jedoch nur auf dem Zeichenpapier und niemals im Kopf «vorstellen». Schon gar nicht lässt sich im Kopf das nachvollziehen, was man unter Konstruieren versteht. Konstruieren heisst, ein Objekt mit vorgeschriebenen Funktionen und Eigenschaften mit gegebenen Mitteln und Werkstoffen realisierbar machen. Beim Konstruieren wird eine Idee nie direkt realisiert. Konstruieren ist in der ersten Phase immer «destruktiv» und nicht konstruktiv! Die Vorstellung, wie man etwas gestalten könnte, wird sofort in Frage gestellt und in jeder Richtung kritisch «demontiert». Erst in einem zweiten Schritt wird aus den wenigen übriggebliebenen Fragmenten der Idee ein den geforderten Eigenschaften und gegebenen Mitteln gerecht werdendes Objekt zusammengereimt. Ideen sind immer «ungereimt»! Erst am Papier bildet sich in mühsamem Ringen ein Einklang zwischen den vielfältigen und in der Regel gegensätzlichen Aspekten heraus. Holzgerecht konstruieren heisst demnach: die geforderten Eigenschaften des Objektes mit den gegebenen Eigenschaften des Werkstoffes Holz realisierbar machen. Beim Konstruieren ist daher bei jedem Bleistiftstrich zu bedenken:

- welche Eigenschaften muss der Gegenstand haben?
- welche charakteristischen Eigenschaften haben die verwendeten Werkstoffe?
- welche Einrichtungen stehen mir für die Herstellung zur Verfügung?
- welche handwerklichen Fähigkeiten habe ich?

**3. Die wichtigsten Eigenschaften des Werkstoffes Holz**
Werkstoffe haben weder gute noch schlechte Eigenschaften. Werkstoffeigenschaften sind wertfrei gegenüber Begriffen wie Gut und Schlecht. Schlecht wirkt sich eine Werkstoffeigenschaft erst aus, wenn wir ihr nicht Rechnung tragen. Im Rahmen dieses Beitrages hätte es wenig Sinn, umfangreiche Zahlentabellen mit den verschiedenen Eigenschaften der verschiedenen Hölzer vorzustellen. Solche Zahlenwerte wären wohl für die meisten Leser wenig anschaulich. Daher soll ein Vergleich mit Stahl angestellt werden.

- Holz hat eine vergleichsweise geringe Härte.
- Holz hat einen etwa 17 mal kleineren Elastizitätsmodul als Stahl.
- Holz ist etwa 13 mal leichter als Stahl.
- Holz ist ein sehr anisotroper Werkstoff, während Metalle in der Regel isotrop sind.
- verschiedene Eigenschaften von Holz sind feuchteabhängig. Holz quillt, schwindet und verzieht sich (siehe dazu Abb. 1).

**Die Härte**
Für viele Teile astronomischer Instrumente und Hilfseinrichtungen ist die Härte von untergeordneter Bedeutung. Anders ausgedrückt, ihre Qualität wird nicht beeinträchtigt, wenn sie aus weicheren Werkstoffen hergestellt werden. Harte Werkstoffe sind nur für Teile erforderlich, die widerstandsfähig gegen Verschleiss und Abnützung sein müssen oder einer rauhen Beanspruchung ausgesetzt sind. Die Achsen einer Teleskopmontierung aus Holz zu machen wäre sicherlich wenig sinnvoll, hingegen reicht die Härte der meisten Hölzer, insbesondere Harthölzer, für Stative, Säulenkonstruktionen, Teleskoprohre und viele andere Teile vollkommen aus.

**Der Elastizitätsmodul**
Ein wichtiger Punkt bei Teleskopmontierungen und anderen optischen Instrumenten sind kleine Deformationen und kleine Schwingungsamplituden. Die dafür massgebende Werkstoffeigenschaft ist der Elastizitätsmodul und nicht die Festigkeit und Härte. Der E-Modul bestimmt die Dehnung und Durchbiegung im elastischen Beanspruchungsbereich der Werkstoffe. Es ist wichtig, diese verschiedenartigen Werkstoffeigenschaften auseinanderzuhalten. Der geringe E-Modul der Hölzer (etwa $11 - 16 \cdot 10^3$ $N \cdot mm^{-2}$), übrigens Birkenholz hat den höchsten, muss bei der Dimensionierung der Teile berücksichtigt werden. Bei Zug und Druckbelastung müssen die Querschnitte und bei Biegung und Torsion die Flächenträgheitsmomente entsprechend grösser als bei Stahl ausgeführt werden. Ausserdem wird man gerade bei Holzkonstruktionen grösstes Augenmerk auf möglichst kurze Biegearme und eine sehr kompakte Konstruktion richten. Nur so kann man den Nachteil des geringen E-Moduls kompensieren. Erwähnt sei noch, dass der E-Modul von Spanholzplatten und den meisten Kunststoffen wie Resocel, Delit, Bakelite, Polyesterharz usw. kleiner als der der meisten Hölzer ist. Zudem haben diese Werkstoffe ein höheres spezifisches Gewicht. Sie führen daher keineswegs zu steifen und leichten Konstruktionen. In einer Hinsicht ist Holz allen Metallen weit überlegen: es dämpft mechanische Schwingungen sehr gut.

**Das spezifische Gewicht**
Holz ist ein vergleichsweise sehr leichter Werkstoff. Es wäre jedoch falsch, daraus zu folgern, dass aus Holz gefertigte Geräte leichter als solche aus Stahl sind. Dass dem nicht so ist, soll an den Beispielen einer Teleskopmontierung und eines Teleskoprohres gezeigt werden: Vorauszuschicken ist, dass man sinnvoll nur wirklich vergleichbare Dinge vergleichen kann. So setzt der Vergleich von Montierungen voraus, dass diese vom gleichen Typ sind, etwa die gleiche Grösse und Kapazität (Tragkraft) und vor allem die gleiche Steifigkeit haben [1]). Gerade der letzte Punkt ist sehr wichtig, da für Montierungen einzig die Steifigkeit eine relevante und messbare Grösse ist. Nun ist Holz 13 mal leichter als Stahl, aber sein E-Modul, der für die Steifigkeit massgebend ist, ist auch 17 mal kleiner. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel gesagt, sind für Holz entsprechend grössere Flächenträgheitsmomente und Querschnitte notwendig, die ihr Gewicht fordern. Eine vergleichbare Holzmontierung wird daher immer wesentlich schwerer als eine Montierung aus Stahl sein. Sicherlich kann man durch eine sehr geschickte Konstruktion auch eine Holzmontierung steif und trotzdem leicht machen. Dies lässt sich aber auch genausogut bei einer Montierung aus Stahl praktizieren.

Betrachten wir nun ein Teleskoprohr von 170 mm ⌀ für einen 150-mm-Spiegel. Die meisten Amateure verwenden heute dafür Rohre aus Resocel oder Delit mit einer Wandstärke von etwa 8 mm. Wir wollen von der Annahme ausgehen, dass ein solches Rohr für den vorliegenden Zweck steif genug sei, was allerdings noch zu untersuchen wäre. Ein solches Rohr hat ein Metergewicht von etwa 50 N (5 kg). Für die gleiche Biegesteifigkeit müsste ein Stahlrohr eine Wandstärke von nur 0,35 mm haben und dieses hätte ein Metergewicht von 18,5 N (1,9 kg). Ein solches Rohr ist zwar nicht im Handel erhältlich, aber jede bessere Spenglerwerkstätte *rollt* uns aus dünnem Blech unserer Wahl ein Rohr mit beliebigem Durchmesser ein. Man braucht nur die etwas überlappenden Kanten mit Araldit zu verkleben und erhält so das leichteste Vollrohr, das überhaupt realisierbar ist. Nun gibt es nicht nur die für unseren Fall sehr wichtige *Biegesteifigkeit,* sondern auch die *Beulsteifigkeit,* die sicherlich für viele Automobilisten kein ganz unbekannter Begriff sein dürfte. Die Beulsteifigkeit eines dünnwandigen Blechrohres ist gering. Bei rauher Behandlung riskieren wir bei einem solchen Rohr Beulen und zudem ist bei einem Rohr mit geringer Beulsteifigkeit die Verbindung Rohr-Rohrsattel etwas problematisch. Wie liegen nun die Verhältnisse bei einem Tubus aus Holz? Dafür kommt aus Herstellungsgründen wohl nur ein aus 4 dünnen Brettern gefertigtes 4-Kantrohr in Frage. Vom Standpunkt des Gewichtes ist der 4-Kantquerschnitt ungünstiger als der Kreisquerschnitt. Immerhin lässt sich bei richtiger Auslegung und Konstruktion aus 4 Brettern ein Rohr herstellen, das etwa dieselbe Steifigkeit und dasselbe Gewicht wie ein Delitrohr besitzt. Mit einem Rohr aus Stahlblech kann es jedoch nicht konkurrieren. Hingegen hat ein solches Holzrohr eine viel grössere Beulsteifigkeit als das dünnwandige Blechrohr und das macht seine Befestigung am Rohrsattel weniger problematisch.

1) Ich möchte hier neuerlich darauf hinweisen, dass die Begriffe «*stabil*» und «*massiv*» für Teleskopmontierungen und viele mechanische und optische Messeinrichtungen vollkommen unbrauchbar und daher sinnlos sind. Es sind in doppeltem Sinne «*wertlose*» Begriffe. Gerade ein objektiver Vergleich setzt Grössen voraus, denen Zahlenwerte zugeordnet werden können und die messbar sind!

**Die Anisotropie des Holzes**

Bretter und Leisten sind die Ausgangselemente für Holzkonstruktionen. Diese werden aus runden Baumstämmen herausgesägt, die die Natur in optimaler Weise an die gegebenen Belastungsverhältnisse und den Säftetransport von den Wurzeln in die Krone ausgelegt hat. Da die Natur keine «Fleissaufgaben» macht, ist die Zellstruktur eines Stammes bezüglich der Festigkeitseigenschaften und dem Trocknen und Quellen sehr anisotrop. Dies gilt dann in noch höherem Masse für Bretter, die aus einem polarsymmetrischen Stamm herausgeschnitten wurden. Wenn man sich überlegt, wie der Stamm eines Baumes belastet wird, auf Druck durch das Gewicht seiner Krone und auf Biegung durch die Äste und durch den Winddruck, dann weiss man auch, wie im Verband einer technischen Struktur mit gegebenen Belastungsverhältnissen Bretter und Leisten anzuordnen sind. Holz weist in Faserlängsrichtung eine grössere Druckfestigkeit und Härte als quer zur Faser auf. Hingegen muss man bei Biegebelastung die Holzteile immer quer zur Faser anordnen. Diese Anisotropie macht das Konstruieren mit und auch das Bearbeiten von Holz nicht einfacher. Man ist bei der Gestaltung und Formgebung nicht mehr so frei und muss beim Konstruieren erheblich mehr denken. Es lässt sich daher wohl darüber streiten, ob Holz wirklich der geeignete Werkstoff für den im Konstruieren noch wenig geübten Anfänger ist. Nach meiner Ansicht gehört es in die

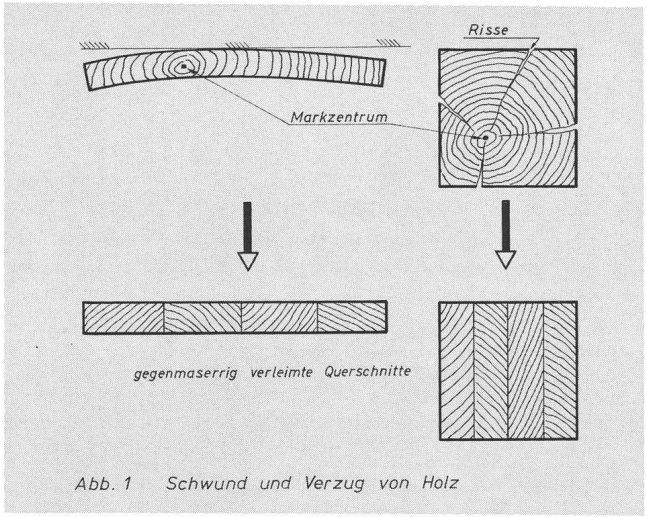


*Abb. 1 Schwund und Verzug von Holz. Bei Aufnahme oder Abgabe von Feuchtigkeit quillt oder schwindet Holz. Ein Verziehen und Verwinden sowie Risse in grossen «gewachsenen» Querschnitten sind die Folge. Für Geräte dürfen nie grosse gewachsenen Querschnitte oder breite Bretter verwendet werden. Grosse Querschnitte sind aus gegenmaserig verleimten Einzelelementen herzustellen.*

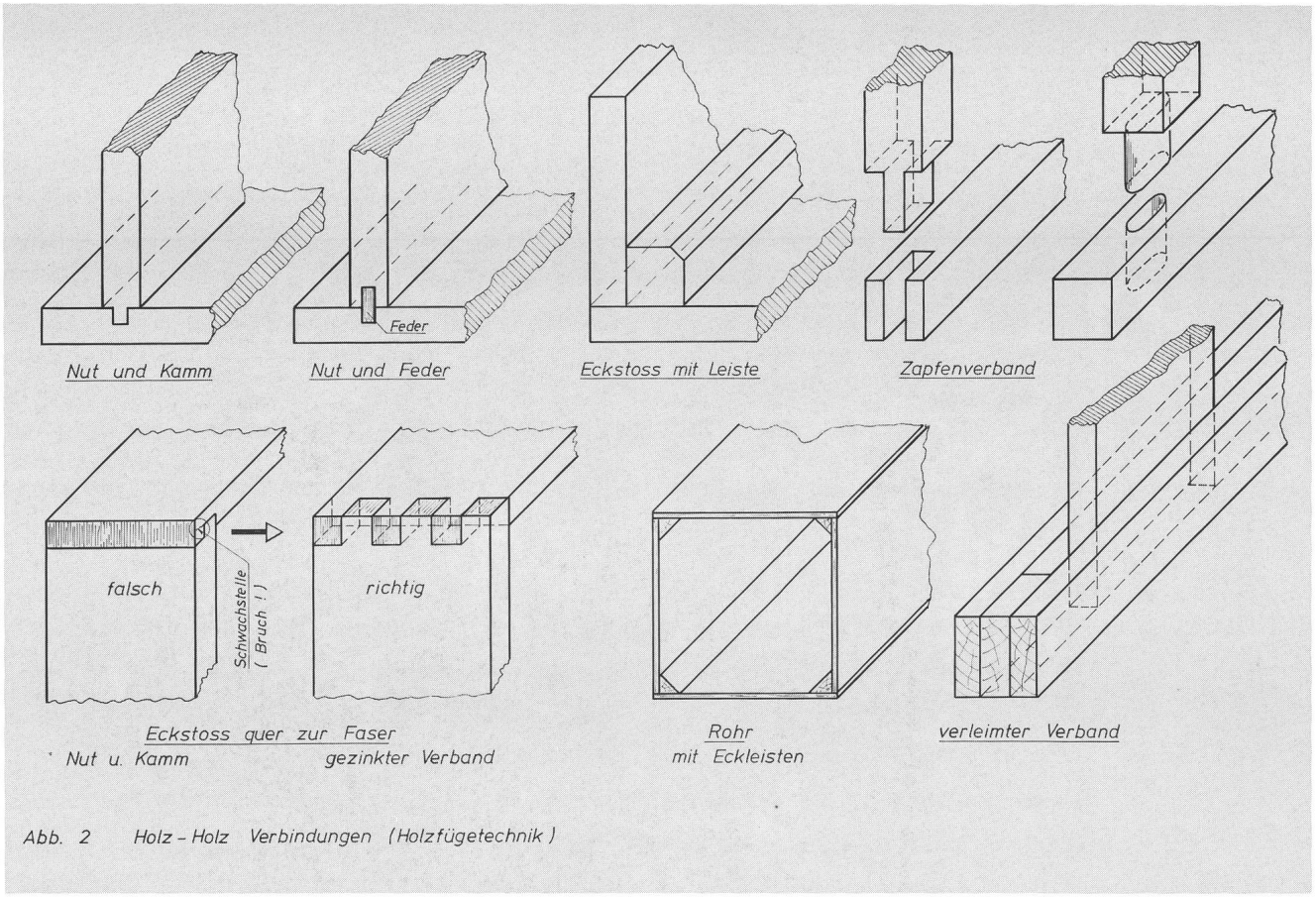


*Abb. 2: Holz– Holz-Verbindungen (Fügetechnik). Die Qualität und Steifigkeit jeder Holzkonstruktion steht und fällt mit den einwandfrei und holzgerecht ausgeführten Verbindungen der einzelnen Teile. Für astronomische Geräte kommen nur sehr genau gefügte und verleimte Verbindungen in Frage. Bei diesen ist auf die Belastung und die Faserrichtung zu achten.*

Hände des mit allen Wassern gewaschenen Routiniers, der Freude an diesem schönen, aber auch in mancher Hinsicht eigenwilligen Werkstoff hat.

**Die Holzfügetechnik**

Bei jeder Holzkonstruktion ist die fachgerechte Verbindung der Einzelteile ausserordentlich wichtig, ja man kann sagen, dass die Qualität der Konstruktion fast ausschliesslich von der Fügetechnik abhängt. Die Fügetechnik war eine Kunst, die von den Zimmerleuten und Möbelschreinern der vergangenen Jahrhunderte in meisterhafter Weise beherrscht wurde. Jeder, der sich für Holzkonstruktionen interessiert und Geräte aus Holz herstellen möchte, sollte sich die Konstruktion alter Holzbrücken, das Gebälk von Kirchtürmen oder die Ausführung antiker Möbel sehr genau ansehen. Man sieht bei diesen unzählige Fügeverbindungen, die den Eigenschaften des Holzes und den gegebenen Belastungsbedingungen in bester Weise gerecht werden. Besondere Beachtung verdient, dass bei diesen Konstruktionen Nagel und Holzschraube kaum zu finden sind, obwohl diese Elemente zu dieser Zeit schon lange bekannt waren. Es sind Verbindungselemente, die nur sehr minderwertige Verbindungen mit geringer Steifigkeit ergeben. Für eine Kiste mögen sie genügen, für eine Teleskopmontierung sind sie vollkommen ungeeignet. Für den uns hier interessierenden astronomischen Instrumentenbau kommen ausnahmslos

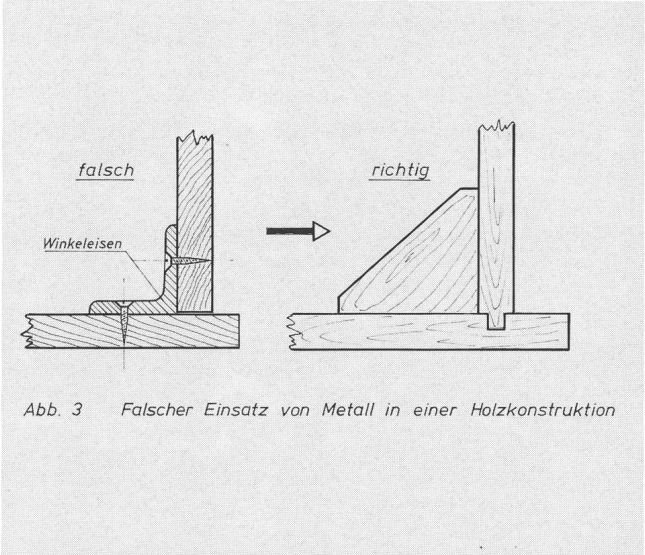


*Abb. 3 Falscher Einsatz von Metall in Holzkonstruktionen. Die Metall-Holzverbindung ist immer problematisch. Metallelemente sind daher nur da zu verwenden, wo sie aus Funktionsgründen unerlässlich sind. Ein Winkeleisen mit Holzschrauben ist k e i n Verbindungselement für einen Eckstoss von zwei Holzteilen!*

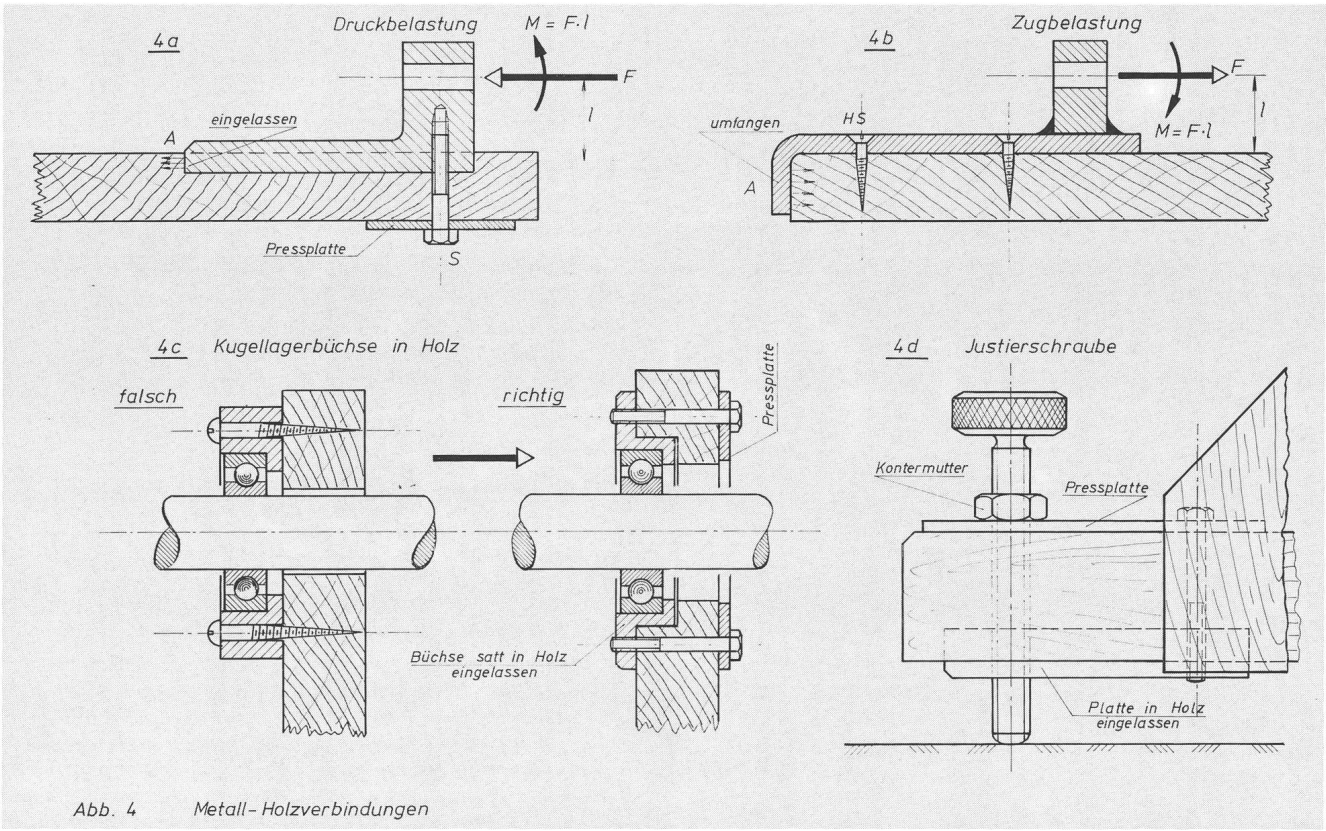


*Abb. 4 Metall-Holzverbindungen. Die Kräfte müssen von Metallteilen grossflächig auf das Holz übertragen werden. Besonders günstig ist, wenn Druck- oder Zugkräfte stirnseitig auf das Holz übertragen werden (Punkt A in 4a u. 4b). Metallteile sind entweder mit genügender Pressung in den Holzteil einzulassen (4a, 4c u. 4d) oder der Metallteil «umfängt» den Holzteil (4b). Man beachte wie in 4a und 4b das Drehmoment M von der Durchgangsschraube 5 bzw. der Holzschraube HS aufgenommen wird. Unterlagscheiben sind für Holz ungeeignet. Sie drücken in das Holz ein. Um die Schraubenkräfte auf eine grosse Fläche zu verteilen sind «Pressplatten» aus nicht zu dünnem Material (3-5 mm) zu verwenden.*

nur verleimte Holz-Holz-Verbindungen in Frage. Zwei mit einem guten Kaltleim korrekt verleimte Holzteile weisen eine Verbindungssteifigkeit[1]) auf, die gut eine Zehnerpotenz über der Eigensteifigkeit der Teile liegt. Nur mit einwandfreien Klebeverbindungen wird bei Holzkonstruktionen der Punkt ausgeschöpft, in dem sie Metallkonstruktionen überlegen sind. Bei Metallkonstruktionen sind die Verbindungsstellen immer Schwachstellen, deren Steifigkeit weit unter der Eigensteifigkeit der Teile selber liegt. Nur bei sehr gekonnter Konstruktion und mit entsprechend hohem Aufwand lassen sich Verbindungen realisieren, deren Verbindungssteifigkeit einigermassen gleich der Eigensteifigkeit der Teile sind. Bei einer einwandfrei konzipierten und solide verleimten Holzkonstruktion treten dagegen die verleimten Fügestellen nur noch unbedeutend in Erscheinung. Werden die Teile jedoch mit Nägeln oder Holzschrauben verbunden, dann ist die Steifigkeit dieser Verbindungen um gut 1 bis 2 Zehnerpotenzen kleiner als die Eigensteifigkeit der Teile. Ein Objekt mit geringer Gesamtsteifigkeit und unbefriedigenden Eigenschaften ist die Folge.

1) Bezüglich der Steifigkeit sei auf meine Beiträge im ORION Nr. 164, 168, 169 und 172 verwiesen. Es wurde gezeigt, dass bei einer Struktur die Verbindungssteifigkeit nicht vernachlässigt werden darf. Sie beeinflusst nachhaltig die Gesamtsteifigkeit der Struktur.

Auf die grosse Zahl klassischer Holzfügeverbindungen kann hier nicht eingegangen werden, da sich die meisten nur durch perspektivische Zeichnungen darstellen lassen. Es gibt jedoch praktisch für jede Anordnung und für jeden Belastungsfall Fügeverbindungen, für die wir an alten Holzgeräten und Holzkonstruktionen Beispiele finden. Ganz allgemein gelten für die Fügung und Verleimung von Holzteilen folgende Regeln:

1. Die Fügeverbindung muss der Form der Teile und der Belastung angepasst sein. Für jeden Belastungsfall gibt es optimale Fügeverbindungen.
2. Die Fügeverbindung muss der Faserrichtung des Holzes und dem anisotropen Schwund Rechnung tragen.
3. Klebeverbindungen sind Flächenverbindungen. Die Klebeflächen müssen daher genügend gross ausgeführt werden.
4. Die Klebespaltdicke darf 0,2 – 0,3 mm nicht überschreiten. Die Fügeflächen müssen daher mit hoher Genauigkeit zusammenpassen.

Zur Erläuterung dieser Punkte möge die Abb.2 dienen, in der einige typische Fügeverbindungen dargestellt sind. Man sieht, dass eine Holzkonstruktion recht gut durchdacht sein muss und dass das x-beliebige Zusammenfügen von Holzteilen immer zu wenig befriedigenden Resultaten führt. Eine ergänzende Anmerkung verdient Punkt 4.

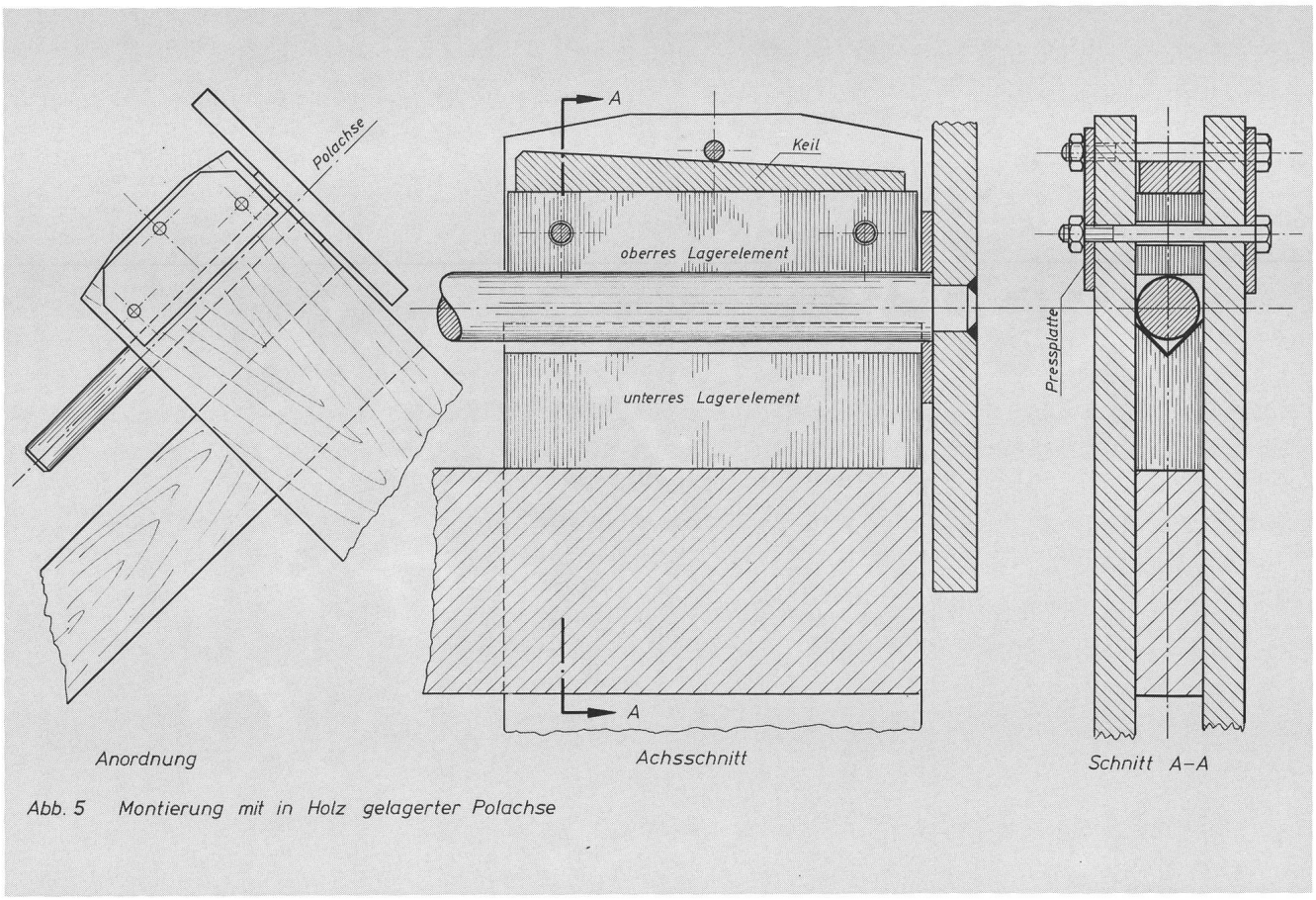


*Abb. 5: Montierung mit in Holz gelagerter Polachse. Eine Teleskopachse lässt sich durchaus genau und spielfrei in Holz lagern. Ein V-Lager ist dafür eine sehr geeignete Anordnung. Es besteht aus einem V-förmig ausgebildetem und feststehendem unteren Lagerelement und einem geraden oberen Lagerelement, das mit einem Keil angestellt und mit zwei Durchgangsschrauben festgehalten wird. Die Faserrichtung der Lagerelemente ist so orientiert, dass die Welle auf dem Stirnholz läuft, das mit Öl imprägniert ist.*

Die weit verbreitete Ansicht, bei Holzkonstruktionen brauche man nicht so genau zu arbeiten wie bei Metallausführungen, ist grundsätzlich falsch. Auch bei Holz müssen alle Fügeteile mit einer Genauigkeit von 0,1 – 0,2 mm bearbeitet werden. Toleranzen und Spalte von 0,5 mm ergeben bereits minderwertige Klebeverbindungen und unschöne Geräte. Die Bearbeitung von Holz auf Bruchteile eines Millimeters ist aber gar nicht so einfach. Es erfordert die souveräne Handhabung scharf geschliffener Holzbearbeitungswerkzeuge und allenfalls geeignete Holzbearbeitungsmaschinen.

**Metall/Holz-Verbindungen**

Durch die sehr unterschiedlichen E-Module lässt sich zwischen Metall und Holz nur schwer eine befriedigende Verbindungssteifigkeit erzielen und das Quellen und Schwinden des Holzes führt mit der Zeit gerne zu einem Lockerwerden der verbundenen Teile. In besonders hohem Mass gilt dies für Teile, die mit Holzschrauben zusammengeschraubt wurden. Auch wenn man bei Metall/Holz-Verbindungen nicht ganz auf die Holzschraube verzichten kann, so sei hier noch einmal vermerkt, dass sie ein wenig holzgerechtes Verbindungselement ist. Sie zerstört die Zellstruktur des Holzes und die Kräfte werden nicht grossflächig und gleichmässig, sondern in eng lokalisierten Bereichen von der Schraube auf das Holz übertragen. Diesen Sachverhalt hatten die Zimmerleute, Wagner und Schmiede vergangener Jahrhunderte bereits sehr gut gekannt. Metallteile wurden daher bei den von ihnen hergestellten Geräten und Bauten immer «eingestemmt» oder das Holzteil wurde von recht kunstreichen und korsettartigen Metallkonstruktionen umfangen.

In der Abb. 4 sind Beispiele für Metall/Holz-Verbindungen dargestellt. Es ist auch gezeigt, wie etwa eine Lagerbüchse für eine Welle richtig in ein Holzteil eingelassen wird.

Generell sollte man Metallelemente bei Holzkonstruktionen nur da anwenden, wo dies aus Funktionsgründen unumgänglich ist. Wenig sinnvoll ist hingegen, wenn man eine schon im Grundkonzept und in der Ausführung wackelige Holzkonstruktion durch Winkel, Bügel und Laschen zu versteifen versucht. Die Holzkonstruktion selbst muss steif konzipiert sein, wie dies ein einfaches Beispiel der Abb. 3 zeigt.

**Ein Holzlager für eine Teleskopachse**

Eine in Holz gelagerte Achse soll zeigen, dass man bei Holzkonstruktionen nicht Anordnungen des Maschinenbaus gedankenlos übernehmen kann. Einleitend sei gesagt, dass Stahl auf Hartholz sehr gute Gleiteigenschaften hat, insbesondere wenn das Holz mit Öl imprägniert ist. In früheren Zeiten liefen die Achszapfen von Wasserrädern, Mühlen, Schmiedehämmern und Gattersägen in Holzlagern, geschmiert mit Rindstalg, über Jahrzehnte ohne nennenswerte Abnützung. Dazu wurde vielfach das Stirnholz von Weissbuche (carpinus betulus) verwendet, das ausserordentlich verschleissfest ist. In Holz lässt sich auch eine Teleskopachse mit hoher Präzision und absolut spielfrei lagern. Würde man allerdings in ein Brett ein Loch bohren und die Achse darin führen, dann wäre dies nie zu erreichen. Bei Trockenheit hätte die Welle Spiel und bei feuchter Sommerluft würde sie klemmen. Generell soll eine Stahlachse nur auf Stirnholz laufen und das ist bei einer Bohrung nicht gegeben. In der Abb. 5 ist ein V-Lager in holzgerechter Konstruktion dargestellt, das einen absolut spielfreien Lauf ergibt und bei einiger Sorgfalt mancher Amateurmontierung aus Metall mit Kugellagern weit überlegen ist.

Das untere Lagerelement ist ein entsprechend breites Brett, in dessen Stirnseite eine genaue V-Nut eingefräst ist. Gehalten wird es in zwei Seitenbrettern, die ihrerseits Teile der Säulenkonstruktion (Lafettenmontierung!) sind. Das obere Lagerelement wird über einen Keil, der sich an der mittleren Durchgangsschraube abstützt, feinfühlig gegen die Welle zugestellt. Zwei weitere Durchgangsschrauben spannen das obere Lagersegment fest und sorgen für eine entsprechend hohe Verbandsteifigkeit der ganzen Lageranordnung. Man beachte, dass bei den Schrauben keine U-Scheiben, sondern Pressplatten aus etwa 3 mm dickem Stahlblech vorgesehen wurden. Nur so wird die Kraft der Schrauben auf eine grosse Holzfläche gleichmässig übertragen. Zu sagen wäre noch, dass das untere Lagersegment mit der V-Nut erst nach dem Einleimen mit Öl imprägniert werden darf, da Kaltleim auf geöltem Holz nicht hält.

Abschliessend kann man sagen, dass sich genauso wie für das hier gezeigte Lager für jedes andere Teil eine in jeder Hinsicht holzgerechte Konstruktion finden lässt.

*Adresse des Autors:*
H.G. Ziegler, Ringstrasse 1a, 5415 Nussbaumen.