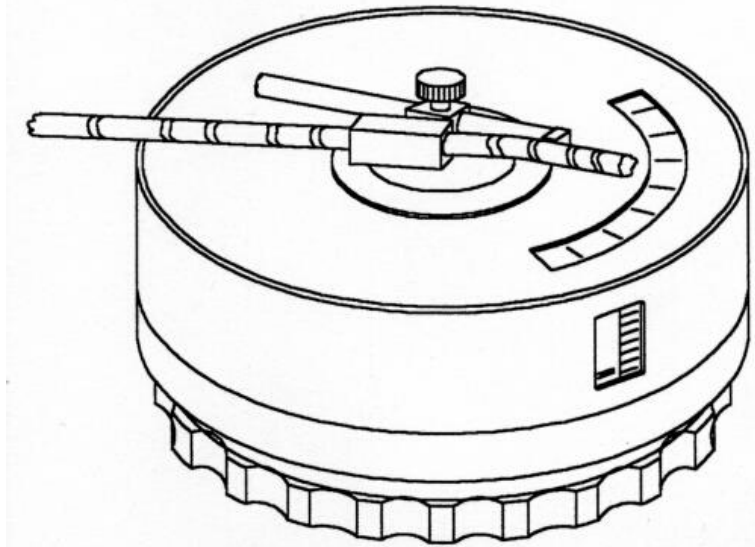


## FRACTOMETER I



- misst die Biegebruchfestigkeit von Bohrkernen, die dem Baum mit einem Zuwachsbohrer entnommen wurden
- erlaubt die Beurteilung faulen Holzes durch Bestimmung der Steifigkeit und Bruchfestigkeit
- Braunfäule wird durch kleine Biegewinkel und niedrige Bruchfestigkeit angezeigt
- im Anfangsstadium der Fäule wird (bei einigen Typen der Weißfäule) Ligninzersetzung durch große Biegewinkel und einigermaßen normale Bruchfestigkeit angezeigt

**Herstellung und  
Vertrieb:**

**IML-Instrumenta Mechanik Labor GmbH**  
Parkstraße 33; D- 69168 Wiesloch  
Tel.: +49 6222/ 6797-0  
Fax: +49 6222-6797-10  
Internet: [www.iml.de](http://www.iml.de)  
E-mail: [info@iml.de](mailto:info@iml.de)

**Lizenzgeber:**

**KFK Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
**Prof. Dr. Claus Mattheck**

## **PRAKTISCHE HINWEISE ZUR VERWENDUNG DES FRACTOMETERS**

C. Mattheck (1), H. Breloer (2), K. Bethge (1)

(1) Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Institut für Materialforschung II  
P.O. Box 3640  
D- 76021 Karlsruhe

(2) Sachverständigenbüro  
Nordring 11  
D- 48480 Spelle

### **Einleitung**

In den letzten Jahrzehnten sind viele Handbücher entstanden, welche die Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften trockener, aber auch grüner Hölzer beinhalten (1, 2, 3). Damit wird ein Vergleich der Holzarten und ihre Auswahl für den jeweiligen technischen Einsatz möglich. Diese Holzarten geben stets die Werte für astfreies Holz gemittelt über viele Messproben an.

In (4) wurde von Dr. Bethge u. a. gezeigt, dass diese Idealwerte allein durch die Präsenz von Ästen z. T. auf 20% des Wertes für astfreies Holz abfallen können. Außerdem weiß jeder, der schon einmal einen Bohrkern aus faulem Holz gezogen hat, dass je nach Fäuletyp eine zäh- weiche oder hart- spröde Holzeigenschaft die Folge sein kann. Troll (5) hat bereits die treffende Analogie zwischen Holz und Stahlbeton hergestellt (Abb.1). Der zugfesten aber eher flexiblen Zellulose entspricht Stahl, dem steifen aber zugempfindlichen Lignin entspricht der Beton.

Frühe Braunfäulen zersetzen vorzugsweise die Zelluloseketten in zufälliger und eher räumlich verteilter Weise, was dem Rostens des Stahls im Beton entspricht und die Zugfestigkeit in unglaublichem Maße zu verhindern vermag. Damit sind nicht selten nur ganz geringe Dichteänderungen verbunden (6, 11). Unverhoffter Spröbruch mit keramikartiger Bruchfläche sind die Folge.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

Dagegen führen jene Weißfäulen, die zunächst bevorzugt Lignin abbauen, zu einer Steifigkeitsminderung, ohne dass notwendigerweise die Festigkeit des Holzes gleichermaßen zurückgeht. Das Holz wird biegeweich und bleibt zäh.

Bei der Beurteilung der Sicherheit von Bäumen spielt zunächst deren Gestalt, also ihre biomechanische Konstruktion eine Rolle (10). Ein Beispiel ist der zulässige Aushöhlungsgrad von Bäumen, der in einer Feldstudie mit ca. 70% des Radius angegeben wurde.

Andererseits kann aber ein Baum auch brechen, der überhaupt nicht hohl und von gänzlich unversehrter Gestalt ist, wenn nämlich die Festigkeit seines Holzes sich in kritischer Weise vermindert hat, wie dies am Beispiel der beiden zuvor erwähnten Fäulemechanismen erwähnt wurde. Selbst scheinbar gesunde Bäume können sich um das zwei- bis vierfache in ihren Festigkeiten unterscheiden, ohne dass man einen mit dem Zuwachsbohrer entnommenen Bohrkern von außen ansehen muss.

Deshalb haben die Festigkeitskataloge für die Beurteilung des Einzelbaumes eine eher geringe Bedeutung. Der gerade zu untersuchende Baum richtet sich eben nun mal nicht immer nach den Mittelwerten seiner Artgenossen und ist außerdem nicht selten durch Fäule oder andere Holzschädlinge noch weiter in seiner Materialqualität vermindert.

Hier kann wohl nur eine zerstörungsarme Bestimmung der Materialeigenschaften vor Ort der Ausweg sein.

Zu diesem Zweck wurde der FRACTOMETER entwickelt (9), der mittlerweile schon von den Praktikern verwendet wird und mit dem auch einige Erfahrungen gewonnen wurden.

## **Der FRACTOMETER I – seine Möglichkeiten**

Der FRACTOMETER I ist eine Taschenprüfmaschine für Holz. Er belastet einen Bohrkern, der mit dem Zuwachsbohrer entnommen wurde auf Biegung. Das Biegebruchmoment, der Bruchwinkel und die Bruchenergie lassen sich auf diese Weise bestimmen. Abb. 2 zeigt ein Foto und das Wirkungsprinzip anhand einer Explosionszeichnung.

## **Aktualisierte FRACTOMETER- Tabelle**

Neue Feldstudien haben zur Ergänzung der Fractometer- Tabelle geführt und insbesondere wurde der zum Bruchmoment gehörige Bruchwinkel als ein Maß für die Biegeweichheit des Bohrkerns angegeben. Die Tabelle verdeutlicht die enorme Schwankungsbreite der Materialkennwerte auch innerhalb einer Art und bestätigt damit die Ausführungen über die begrenzte Aussagefähigkeit der Katalogwerte für den Einzelbaum.

Die Messwerte in der Tabelle wurden mit einer Bohrkernplatzierung wie in Abb. 4 gewonnen.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

Dabei werden die wie vertikale Mandeln im Baum stehenden Holzstrahlen in Richtung ihrer größten Steifigkeit gebogen (Abb. 4). Legt man dagegen den Bohrkern um  $90^\circ$  verdreht in den Fractometer, so entspricht dies einer Biegespannungsverteilung, wie man sie am ehesten bei einer Verdrehung der Bäume findet. Die Bohrkern werden dabei wie in Abb. 5 dargestellt gebogen und die Holzstrahlen eher auf ihrer biegeweichen Flachseite liegend belastet. Kleinere Bruchlasten sind die Folge.

## **Fäulebewertung mit dem FRACTOMETER I**

Natürlich lassen sich mit dem Fractometer I keine Pilzarten bestimmen. Man kann aber sehr wohl die Art der Auswirkungen einer Fäule und den Schädigungsgrad problemlos bestimmen. Dazu soll noch einmal Abb. 1 betrachtet werden. Man erkennt schnell, dass die Zuordnung in Abb. 6 gelten muss. Was dabei als kleiner und was als großer Fractometer-Wert zu gelten hat, ist für die jeweilige Baumart aus der Tabelle (Abb. 3) zu entnehmen. Einige Beispiele sollen dies verdeutlichen:

- 1. Eiche:** Fractometerbruchmoment = 115  
Fractometerbruchwinkel =  $37^\circ$

Diagnose: Ligninabbau, viele heile Zellulosefasern, Zähbruch später möglich, Symptombildung (Wülste) nahe der Fäulstelle zu erwarten.

- 2. Eiche:** Fractometerbruchmoment = 31  
Fractometerbruchwinkel =  $12^\circ$

Diagnose: Zelluloseabbau, viel Lignin erhalten, Spröbruch möglich, Symptombildung (Wülste, Beulen) nicht unbedingt zu erwarten.

Die zweite Eiche ist wegen des unverhofften Eintretens, das bei Spröbruch typisch ist und wegen des meist nur geringen Defektsymptoms (Reparaturanbaute) wesentlich gefährlicher.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

## **FRACTOMETER- Ergebnisse und Maßnahmen vor Ort**

Man kann nicht von jedem Baum ein maximales Fractometer- Bruchmoment bei kleinem Winkel verlangen. Linde und Birke haben z.B. auch im gesunden Zustand relativ hohe Biegewinkel, ehe sie zäh brechen. Dagegen bricht auch die gesunde Buche bei Winkeln um 16- 20° - also recht spröde. Folgende Checkliste soll helfen, sinnvolle Maßnahmen festzulegen und dem Baum einen ausreichenden Fractometer- Wert abzuverlangen.

### **Hohe Festigkeiten sind zu fordern, wenn:**

- Der Baum voll bekront und schief ist
- Der Baum freigestellt und nicht zurück geschnitten wurde, er also eine Windlast erfährt, für die er nicht trainiert wurde
- Der Baum konstruktive Defekte (7, 8) aufweist, wie z.B. Risse (Rippensymptom), Faulhöhlen (Wulstsymptom) oder wenn sein Stammquerschnitt oder sein Wurzelteller beschädigt ist. Restwandstärken hohler Bäume sollen eher hohe Festigkeitswerte aufzeigen.
- Der Baum höchste Anforderungen an die Verkehrssicherheit wegen der Verkehrsexponiertheit seines Standortes stellt.

### **Außerdem:**

Die Unterseite schiefer Laubbäume sollte eher Ligninreich (kleiner Fractometer- Bruchwinkel), die Oberseite mit dem Zugholz eher flexibel und zäh sein.

### **Geringere Festigkeiten sind zugelassen, wenn:**

- Der Baum durch Rückschnitt oder anderweitiges Reffen der Segelfläche geringer belastet wird.
- Der Baum an einem Standort mit geringen Anforderungen an die Verkehrssicherungspflicht steht.
- Seine Windbelastung durch spätere Baumaßnahmen oder schneller wachsende Bäume später gemindert wurde.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

## Schlussbemerkung

Die Autoren haben selbst mit dem FRACTOMETER I gute Felderfahrungen gemacht. Das Messgerät erlaubt eine Bewertung der lokalen Holzqualität bei geringer Baumschädigung sowie eine Aussage über die Art der Baumschädigung durch Fäule, insbesondere eine grobe Unterscheidung in Zählbruch- oder Sprödbruchgefahr.

Der FRACTOMETER I kann nach erfolgtem Sprödbruch helfen, den Verantwortlichen zu rehabilitieren, weil diese Versagensart oft nicht vorhersehbar ist.

In keinem Fall ist der FRACTOMETER I ein Einsatz für dendrologische Kenntnisse, es kann die Erfahrung des Baum- Fachmannes durch Messgrößen jedoch quantifizieren und damit auch Mutmaßungen bestätigen.

Ein stures technisches Prüfen von Bäumen kann dagegen leicht im Desaster enden. Die Autoren empfehlen daher, den Baum als **GANZES** immer im Auge zu behalten und den gesunden Baum- nicht den technischen Katalog! - als Vergleichskriterium zu nehmen.

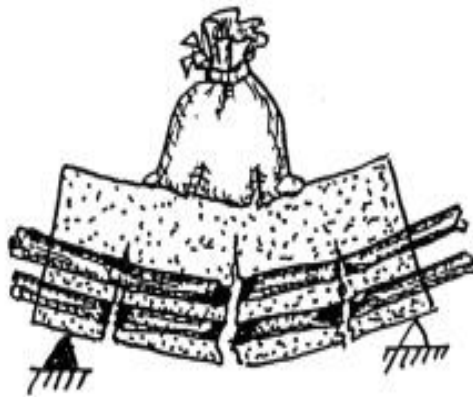
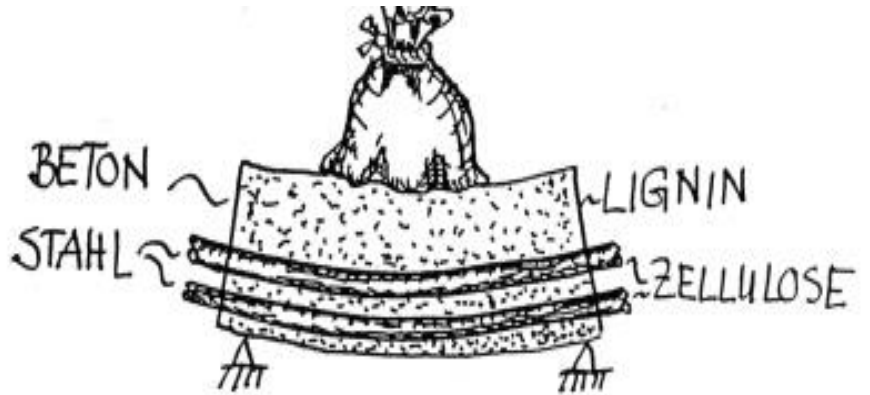
Dabei kann auch dieser brechen, denn eine natürliche Versagensrate ist der Preis für den energiesparenden Leichtbau der Natur. Dies ist ein Preis, den wir in ähnlicher natürlicher Ausfallrate zu zahlen haben, wenn bei Sportunfällen auch völlig gesunde Knochen brechen, ohne dass gleich nach einem Vorschaden gefragt und nach dem Staatsanwalt gerufen wird.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

## Literatur

- [1] Bethge K., Mattheck C., McDonald K.A., Cramer S.M., 1992. Failure behavior of knot- containing boards under tensile and compressive loads, Internal report of the Karlsruhe Nuclear Research Center
- [2] Farmer R., 1972. Handbook of Hardwoods, Her Majesty's Stationary Office London
- [3] Lavers G., 1983. The strength properties of timber, Building Research Establishment Report
- [4] Manion P., 1991. Tree disease concepts, Prentice- hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- [5] Mattheck C., 1991. Trees- the mechanical design, Springer Verlag, New York, Heidelberg
- [6] Mattheck C., 1993. Design in der Natur, Rombach Verlag, Freiburg, 2. Auflage
- [7] Mattheck C., Bethge K., 1993. Ein Prüfgerät für Holz im Taschenformat- Das FRACTOMETER, Allgemeine Forstzeitschrift 3, 114- 115
- [8] Mattheck C., Breloer H., 1992. Feldanleitung für Baumkontrollen mit VTA, Landschaftsarchitektur 6
- [9] Mattheck C., Breloer H., 1993. Handbuch der Schadenskunde von Bäumen- der Baumbruch in Mechanik und Rechtssprechung, Rombach Verlag, Freiburg
- [10] Mattheck C., Breloer H., Field guide to VTA- Visual Tree Assessment, to appear in Arboricultural Journal, February 1994
- [11] Troll W., 1959. Allgemeine Botanik, Enke Verlag, Stuttgart
- [12] U.S. Forest products laboratory, 1987. Wood handbook: Wood as an engineering material, Agricultural Handbook 72, U.S. Department of Agriculture
- [13] Wagner W., 1963. Judging hazard from native trees in California recreational areas- a guide for professional foresters, U.S. Forest Service Research Paper PSW- P1, Berkeley, California Forest Service, U.S. Department of Agriculture
- [14] Wilcox W.W., 1987. Review of the literature on the effects of early stages of decay on wood strength, Wood and Fibre 9, 252- 257

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I



BRAUNFÄULE:

STAHL ROSTET =

ZELLULOSEABBAU

→ SPRÖD BRUCH BEI KLEINEM  
BIEGEWINKEL



WEISFÄULE:

BETON ABBAU =

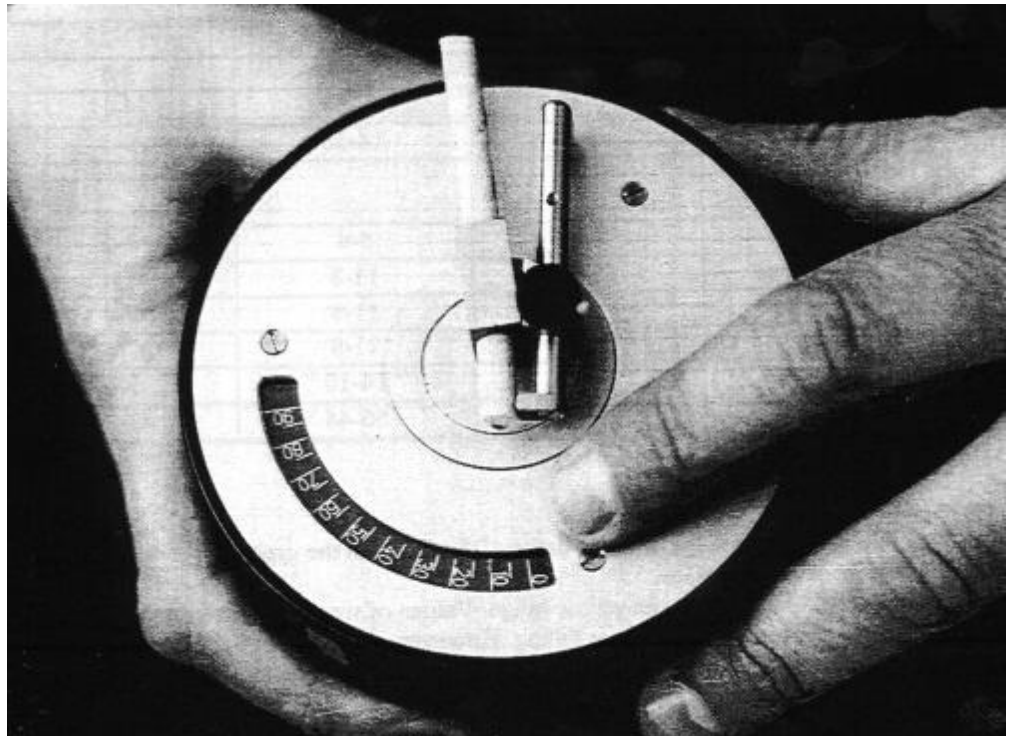
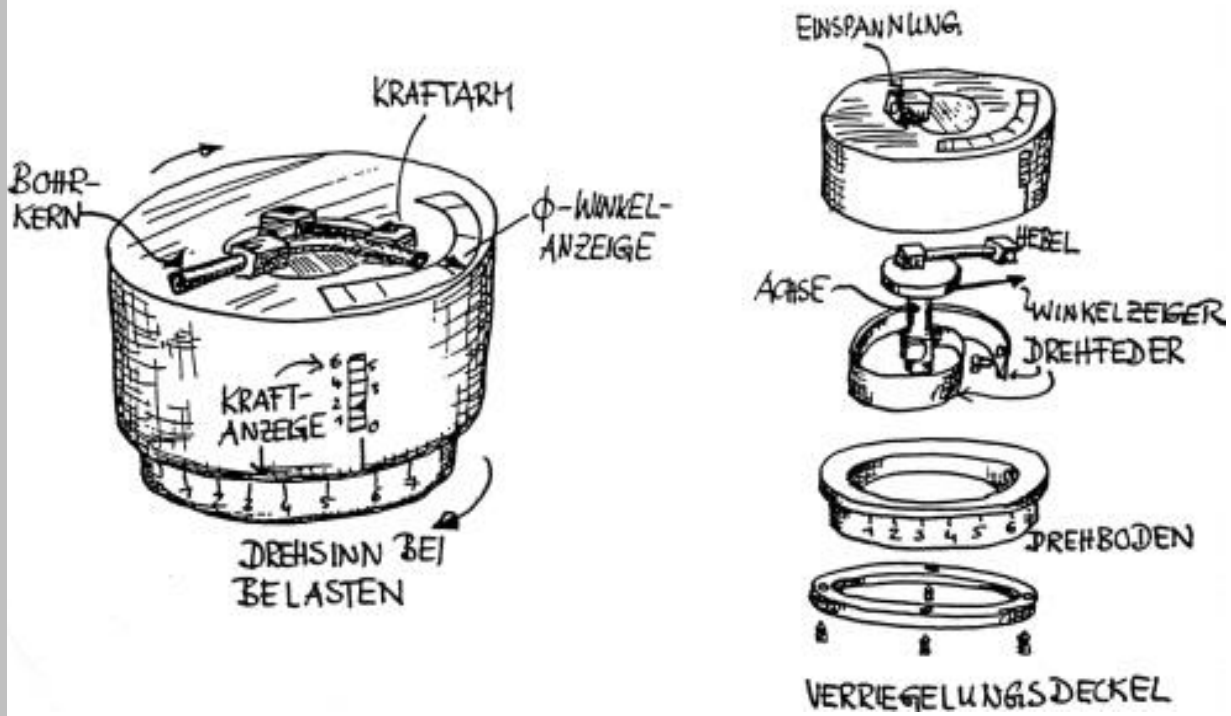
LIGNIN ABBAU

→ ZÄH BRUCH BEI GROSSEM  
BIEGEWINKEL

**Abb. 1:** Vorzugsweiser Zelluloseabbau (links) führt zum Spröbruch bei hoher Reststeifigkeit. Vorzugsweiser Ligninabbau (rechts) bewirkt ein zäh- weiches Bruchverhalten.



# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I



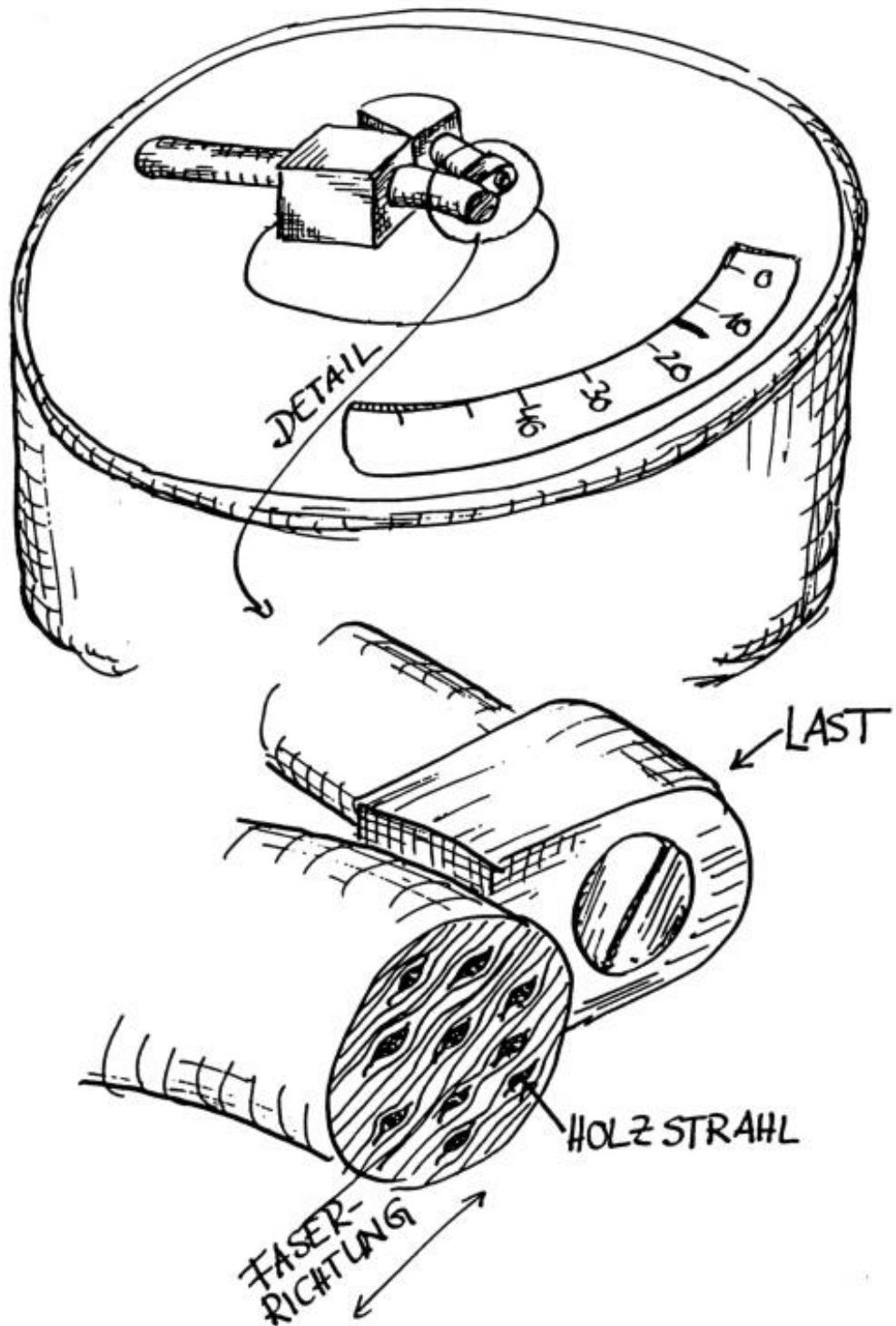
**Abb. 2:** Der FRACTOMETER I- eine Taschenprüfmaschine für Holz.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

Baumart	Bruchmoment in FRACTOMETER- Einheiten		
	Grün	Gelb	Rot
Harthölzer			
Ahorn	80- 59	58- 38	37- 18
Birke	40- 30	29- 20	19- 10
Edelkastanie	50- 38	37- 25	24- 12
Blutbuche	120- 89	88- 58	57- 27
Pyramidenpappel	20- 15	14- 10	9- 5
Esche	80- 59	58- 38	37- 18
Ulme	110- 82	81- 54	53- 26
Hainbuche	120- 89	88- 58	57- 27
Roskastanie	70- 52	51- 34	33- 16
Linde	60- 46	45- 30	29- 14
Robinie	120- 89	88- 58	57- 27
Eiche	120- 89	88- 58	57- 27
Schwarzpappel	20- 15	14- 10	9- 5
Plane	120- 89	88- 58	57- 27
Rotbuche	120- 89	88- 58	57- 27
Silber Pappel	20- 15	14- 10	9- 5
Schwarzerle	50- 38	37- 25	24- 12
Weide	20- 15	14- 10	9- 5
Weichhölzer			
Douglasie	7- 6	5- 4	3- 2
Kiefer	15- 12	11- 8	7- 4
Lärche	15- 12	11- 8	7- 4
Tanne	15- 12	11- 8	7- 4
Fichte	20- 15	14- 10	9- 5
Eibe	90- 67	66- 44	43- 21

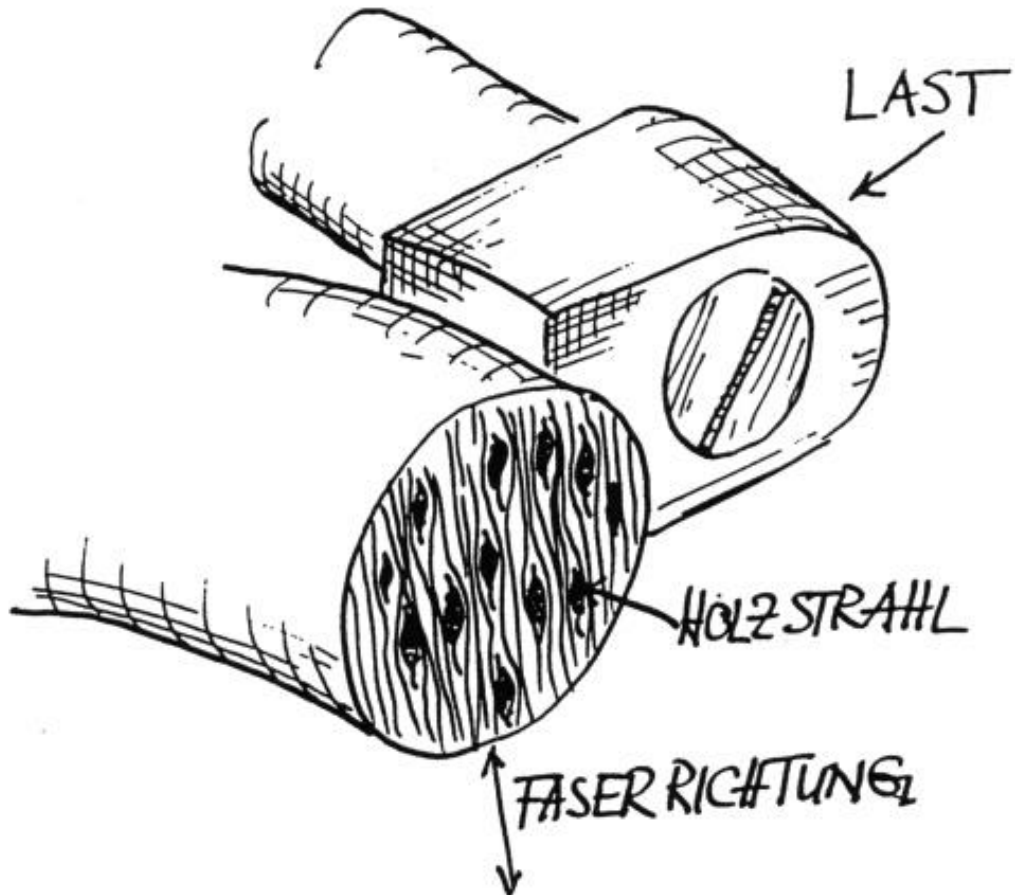
Gesundes Restholz neben Faulstellen oder anderen Defekten sollte im grünen Bereich liegen, wie auch schiefe Bäume. Stark zurückgeschnittene Bäume dürfen im gelben Bereich liegen. Holzwerte im roten Bereich sind bedenklich und erfordern drastisch reduzierte Kronen oder Fällung. E. in stures Anwenden der Tabelle ist gefährlich, der Baum ist immer als Ganzes zu betrachten.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I



**Abb. 4:** Bei Ausrichtung der Fasern in der Ebene des FRACTOMETER-Gesichtes werden am FRACTOMETER I die regulären Windbelastungen simuliert. Die Holzstrahlen werden hochkant gebogen.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I



**Abb. 5:** Liegen die Fasern senkrecht zu dem FRACTOMETER- Gesicht, so sind die Holzstrahlen eher flachseitig biegebelastet und die Bruchlast ist kleiner, der Bruchwinkel häufig größer!

FACTOMETER-bruchmoment	FRACTOMETER - bruchwinkel	Fäulewirkung	Holzeigenschaft
groß	klein	gering	steif und fest
groß	groß	Ligninabbau	nicht steif aber fest
klein	klein	Zelluloseabbau	steif aber nicht fest
klein	groß	Lignin und Zelluloseabbau	weder steif noch fest

**Fig. 6:** Tabelle zur Beurteilung der FRACTOMETER- Messung im Hinblick auf Fäuleschäden und restlich Holzqualität.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

## **WARTUNG**

Das Messgerät Fractometer ist grundsätzlich vom Hersteller oder einem dazu autorisierten Servicebetrieb zu warten.

Gemäß den Gewährleistungsbestimmungen ist das Gerät zur ersten Inspektion nach ca. einem Jahr einzusenden.

## **GEWÄHRLEISTUNGSBESTIMMUNGEN**

Die Gewährleistungsdauer für den Fractometer umfasst 12 Monate.

Die Gewährleistung setzt voraus, dass das Gerät ausschließlich für die Zwecke verwendet wird, für die es bestimmt ist, und dass die hier enthaltenen Sicherheitshinweise beachtet und eingehalten wurden.

Für alle Fehler, die durch Missbrauch oder fehlerhafte Handhabung entstehen, besteht kein Haftungsanspruch. Die Mängelhaftung bezieht sich nicht auf natürliche Abnutzung (Verschleißteile) und auf Schäden, die infolge mangelhafter oder nachlässiger Behandlung, sowie übermäßiger Beanspruchung entstehen, die nach der Vereinbarung nicht vorausgesetzt sind.

*(Siehe auch allgemeine Geschäftsbedingungen des Herstellers.)*

## **NUTZUNGSBESTIMMUNGEN**

Der Anwender erkennt die Nutzungsbestimmungen des Herstellers an, sobald er das Gerät in Betrieb nimmt. Das Gerät darf nur in Betrieb genommen werden, wenn diese Bedienungsanleitung sorgfältig durchgelesen wurde. Der Hersteller übernimmt keine Haftung für Schäden aufgrund nicht sachgemäßer Handhabung, oder durch den Einsatz des Messgeräts für hier nicht genannte Aufgaben oder bei Nichteinhaltung der Sicherheitsvorschriften.

## **SICHERHEITSHINWEISE**

Das Gerät darf nur für den in der Bedienungsanleitung genannten Zweck (Untersuchung von Holz oder holzähnlichen Material) verwendet werden. Die Sicherheitsbestimmungen der Hersteller von anderen Geräten, die mit diesem Gerät gekauft wurden oder zum Betrieb dieses Gerätes notwendig sind, sind zu beachten. Der Hersteller übernimmt keine Haftung bei missbräuchlichem Einsatz des Gerätes. Der Käufer verpflichtet sich, sollte er das Gerät einem Dritten überlassen, diesem die Gebrauchsanleitung zu übergeben und ihn auf die Sicherheitshinweise aufmerksam zu machen.

## **HINWEIS:**

Die Benutzung des Fractometers bedarf im Normalfall keiner Öffnung des Messgerätes. Sollte das Gerät trotzdem von einer nicht durch IML autorisierten Person geöffnet werden, erlöschen alle Gewährleistungsansprüche.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

## **Materialien:**

Der Fractometer wurde für die Verwendung an hölzernen Materialien (Bäume, Balken, Masten) ausgelegt. Nicht sachgemäße Anwendung kann zu Beschädigung des Messsystems und/ oder des zu untersuchenden Materials führen.

## **Aussagesicherheit**

Die Messergebnisse einer Fractometer- Anwendung sind nicht selbstredend, sie bedürfen der fachlich qualifizierten Interpretation. Schlüsse über das untersuchte Objekt (z.B. Baum) erfolgen grundsätzlich in alleiniger Verantwortung der Untersuchenden. Für Fehlinterpretationen und Fehlschlüsse übernimmt der Hersteller der Geräte keinerlei Verantwortung und empfiehlt den Besuch von entsprechenden Seminaren und Schulungen.

## **GRUNDSÄTZLICHES**

### **Konzeptziel**

Ziel der Entwicklung des Fractometers war, für praxisbezogene Anwendungen ein einfach zu handhabendes, robustes und präzises Messsystem zur Biegefestigkeitsmessung von Holz zur Verfügung zu stellen.

### **Feuchtigkeit**

Das Gehäuse des Fractometers sollte bei Anwendung und Lagerung grundsätzlich vor direkter Wasser- und Feuchtigkeitseinwirkung geschützt werden. Die wesentlichen Systemkomponenten sind zwar vor Wassereintritt geschützt, jedoch sollte zur Vorbeugung möglicher Störungen oder Ausfälle bedacht werden, dass Geräte gegenüber Feuchtigkeit grundsätzlich empfindlich sind.

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

## ZUBEHÖR

### FRACTOMETER I

<b>Art. Nr.:</b>	<b>Artikel- Bezeichnung:</b>
4000121	<b>Zuwachsbohrer "JIM-Gem"</b> <i>400 mm lang</i>
4000145	<b>Verlängerung und Ausziehhilfe</b> <i>für Zuwachsbohrer „JIM-Gem“ / 400</i>
4000146	<b>Untersuchungsstab</b> <i>für Zuwachsbohrer „JIM-Gem“ / 400 800 mm lang</i>
4000127	<b>Pflegeset für Zuwachsbohrer "JIM-Gem"</b> <i>Kunststoffbox, Ausstoßer für Bohrkerne, Schleifstein konisch für Bohrerinnenseite, Schleifstein gerade für Bohreraußenseite, Ölflasche und 2 Stück Ersatz- Riegel , Putzbürste und Verlängerung.</i>
4000126	<b>Pflegeset mit Zuwachsbohrer "JIM-Gem" und Trägerleisten</b> <i>Zuwachsbohrer "JIM-Gem" 400/5 mm, Behältnis für Bohrer Trägerleisten und Pflegeset, Kunststoffbox, Ausstoßer für Bohrkerne, Trägerleisten, 6 Stück, Putzbürste mit Verlängerung, Schleifstein konisch für Bohrerinnenseite, Schleifstein gerade für Bohrraußenseite, Ölflasche, Leimflasche und 2 Stück Ersatz- Riegel .</i>
4000128	<b>Ausstoßer</b> <i>für Bohrkerne aus dem Zuwachsbohrer ermöglicht ein beschädigungsfreies Ausdrücken der Bohrkerne aus dem Zuwachsbohrer. Durch das Kunststoffgehäuse, welches über den Zuwachsbohrer geschoben wird, ist auch eine Verletzungsgefahr beim Ausdrücken der Bohrkerne weitestgehend ausgeschlossen.</i>

# BEDIENUNGSANLEITUNG: FRACTOMETER I

Besuchen Sie unsere Internetseiten und bestellen Sie einfach über unseren **ONLINE- SHOP** (auf Rechnung!):

**www.iml.de**

*IML- Technische Anwenderlehrgänge, Neuheiten, Sonderpreis- Aktionen,  
Informationen über unsere Mess- und Prüfgeräte...*



**IML- Instrumenta Mechanik Labor GmbH**

Parkstraße 33, D- 69168 Wiesloch

Tel.: +49 6222/ 6797- 0, Fax: +49 6222- 6797- 10

Internet: [www.iml.de](http://www.iml.de) ; E- mail: [info@iml.de](mailto:info@iml.de)