

Kleber-Vergleichstest

siehe auch die Kurzfassung in der Thermiksense 3/2021

In diesem Vergleichstest werden die Kleber „NiCe Model Cement“, „Bindulin Modellbaukleber“, „Bindan-P Propellerleim“ und „UHU-Hart“ in für den Flugmodellbau typischen Anwendungen und Konfigurationen qualitativ und quantitativ gegenüber gestellt und bewertet.

1 Getestete Kleber

- a. „NiCe Model Cement“, Nitrocellulose-Kleber,
z.Zt. weder Hersteller noch Kleber-Spezifikation bekannt, Bezug exklusiv nur über:
<https://www.indoorffsupply.com/shop/nice-indoor-model-cement-4oz>
Abgekürzte Bezeichnung: NiCe
- b. „Bindulin Modellbau Kleber“, Kontakt-Hartkleber,
Fa. Bindulin-Werk H.L. Schönleber GmbH, Kleber-Spezifikation z.Zt. nicht vorliegend
Abgekürzte Bezeichnung: BiMBK
- c. „UHU-Hart“, Nitrocellulose-Kleber,
Fa. UHU GmbH & Co.KG, Kleber-Spezifikation vorliegend
Abgekürzte Bezeichnung: UHU
- d. „Bindan-P Propellerleim“, Einkomponenten-Kunstharzleim,
Fa. Bindulin-Werk H.L. Schönleber GmbH, Kleber-Spezifikation vorliegend
Abgekürzte Bezeichnung: PropLeim

2 Zusammenfassung und vergleichende Bewertung der Ergebnisse

Auf der Basis der Rohdaten gemäß Abschnitt 5 und unter Berücksichtigung der Hinweise in Abschnitt 4 können für die getesteten Kleber folgende vergleichende qualitative Bewertungen erstellt werden:

a. „NiCe Model Cement“

NiCe	unverdünnt	verdünnt
Bruchfestigkeit Holz-Holz im Vergleich zu:	BiMBK: NiCe liegt niedriger UHU: NiCe liegt niedriger PropLeim: NiCe liegt niedriger	BiMBK: NiCe liegt niedriger UHU: NiCe liegt niedriger PropLeim: NiCe liegt niedriger
Bruchart:	überwiegend in Kleberfuge, wenig in Holz	überwiegend in Kleberfuge, wenig in Holz
Elastizität Leimfuge:	nicht beobachtbar	nicht beobachtbar
Kanülengängigkeit:	mäßig	sehr gut

Die Bruchfestigkeit (getestet unverdünnt) bei Alu-Alu und Alu-Kiefer ist vergleichbar mit UHU.

b. „Bindulin Modellbau Kleber“

BiMBK	unverdünnt	verdünnt
Bruchfestigkeit Holz-Holz im Vergleich zu:	NiCe: BiMBK liegt höher UHU: BiMBK liegt niedriger PropLeim: BiMBK liegt niedriger	NiCe: BiMBK liegt höher UHU: BiMBK liegt höher PropLeim: BiMBK liegt niedriger
Bruchart:	etwa gleich in Kleberfuge und Holz	etwa gleich in Kleberfuge und Holz
Elastizität Leimfuge:	etwas elastisch	etwas elastisch
Kanülengängigkeit:	keine	brauchbar

Die Bruchfestigkeit (getestet unverdünnt) bei Alu-Alu und Alu-Kiefer ist niedriger als bei UHU oder NiCe.

c. „UHU-Hart“

UHU	unverdünnt	verdünnt
Bruchfestigkeit Holz-Holz im Vergleich zu:	NiCe: UHU liegt höher BiMBK: UHU liegt höher PropLeim: UHU liegt niedriger	NiCe: UHU liegt höher BiMBK: UHU liegt niedriger PropLeim: UHU liegt niedriger
Bruchart:	ausschließlich in Holz	ausschließlich in Holz
Elastizität Leimfuge:	nicht beobachtbar	nicht beobachtbar
Kanüलगängigkeit:	keine	gut

Die Bruchfestigkeit (getestet unverdünnt) bei Alu-Alu und Alu-Kiefer ist vergleichbar mit NiCe und höher als bei BiMBK.

d. „Bindan-P Propellerleim“

PropLeim	unverdünnt	verdünnt
Bruchfestigkeit Holz-Holz im Vergleich zu:	NiCe: PropLeim liegt höher BiMBK: PropLeim liegt höher UHU: PropLeim liegt höher	NiCe: PropLeim liegt höher BiMBK: PropLeim liegt höher UHU: PropLeim liegt höher
Bruchart:	ausschließlich in Holz	ausschließlich in Holz
Elastizität Leimfuge:	nicht beobachtbar	nicht beobachtbar
Kanüलगängigkeit:	keine bis gering	sehr gut

Die Bruchfestigkeit (getestet unverdünnt) bei Alu-Alu und Alu-Kiefer ist vergleichbar mit NiCe und UHU und höher als bei BiMBK (obwohl PropLeim nicht für Klebungen mit Metall spezifiziert ist).

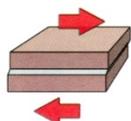
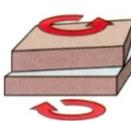
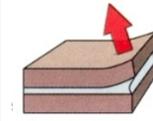
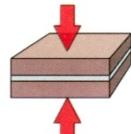
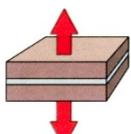
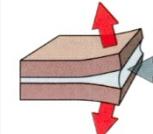
e. Allgemeine Zusammenfassung

- In unverdünnter Konsistenz erreichten in Holz-Holz-Verbindungen die Kleber „Bindan-P Propellerleim“ und „UHU-Hart“, die höchsten Bruchfestigkeiten, die typischerweise nur noch durch die inneren Festigkeiten der zu verklebenden Hölzer begrenzt werden
- Der Kontaktkleber „Bindulin Modellbau Kleber“
 - übertrifft in verdünnter Konsistenz leicht die Bruchfestigkeit von verdünntem „UHU-hart“, was vermutlich mit den Viskositätsbedingungen in Verbindung zu bringen wäre
 - Im Gegensatz zu den andern Klebern muss der Kontaktkleber „Bindulin Modellbau Kleber“ vor dem Zusammenfügen ablüften und anschließend angepresst werden, eine nachträgliche Korrektur der Verklebestelle ist nicht mehr möglich (evtl. bei Modellbau-Prozeduren zu berücksichtigen)
- Der Kleber „NiCe Model Cement“ liegt in seinen Leistungsfähigkeiten in unverdünnter/verdünnter Konsistenz unterhalb von „UHU-Hart“ und „Bindulin Modellbau Kleber“.

3 Prüfprozeduren

3.1 Übersicht und angewendete Belastungsarten, Prinzip

Für die Vergleichstests wurden die Klebeverbindungen folgenden Belastungsarten ausgesetzt, die einerseits typisch in Flugmodellstrukturen auftreten können, und die andererseits mit einfachen Messanordnungen und Messmitteln nachvollziehbar sind:

Angewendet:	 a. Scheren	 b. Tordieren	 c. Schälen
Nicht getestet:	 Drücken	 Ziehen	 Spalten

Details zu den Kräfteinleitungen in die Materialpaarungen siehe Abschnitt 3.4.

Die nicht getesteten Belastungsarten waren mit der verfügbaren Testausrüstung nicht durchführbar.

3.2 Angewendete Materialpaarungen und Ausführungen

Für die Tests wurden folgende Materialpaarungen ausgewählt:

- a. Alu – Alu
- b. Alu – Kiefer
- c. Kiefer - Balsa
- d. Balsa - Balsa

Die Paarungen wurden aus folgenden Probenstücken zusammengeklebt:

- e. Alu, AlMgSi1, 2 x 5 x 35 mm³,
Klebeflächen aufgeraut mit 240er-Nassschleifpapier, Aceton-gereinigt
- f. Kiefer, Modellbauqualität, 3 x 5 x 35 mm³,
Oberflächen nicht behandelt
- g. Balsa, ca. 115 kg/m³, 3 x 5 x 35 mm³,
Oberflächen nicht behandelt

Auf ein zentrales Probenstück wurden jeweils drei weitere Probenstücke geklebt, wobei sich immer eine Kleber-Überblattungsfläche von 5 x 5 mm² ergab. Beim Aufkleben der Schäl-Probenstücke auf die zentralen Probenstücke wurden gefaltete Folienstücke eingelegt um ein Überquellen der Kleber in die Klebefuge jenseits der 5 mm-Grenze zu verhindern.

Jedes der drei angeklebten Probenstücke wurde seiner individuellen Belastungsart (Scheren, Tordieren, Schalen, siehe Abschnitt 3.4 und Bilder 3 bis 5) unterworfen.

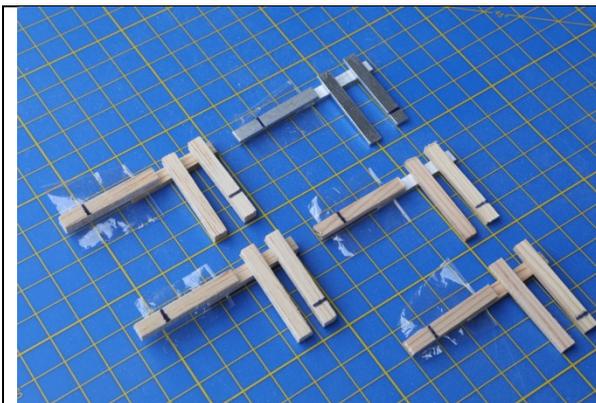


Bild 1: Paarung in Konfigurationen a, b, c, d, Draufsicht, mit 20mm-Hebelarm-Markierungen für Torsions- und Schältests

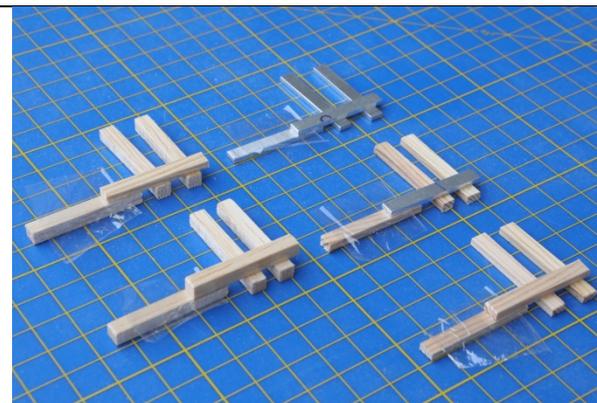


Bild 2: Paarung in Konfigurationen a, b, c, d, Untersicht

3.3 Kleber-Konfiguration und Behandlung

Die Tests wurden einmal mit unverdünnten Klebern durchgeführt (für jede Materialpaarung), und in verdünnter Konsistenz, hier nur für alle Holz – Holz-Verbindungen.

Verdünnungen (in Vol.):

- a. „NiCe Model Cement“: 60% Kleber / 40 % Aceton
- b. „Bindulin Modellbaukleber“: 60% Kleber / 40 % Aceton
- c. „UHU-Hart“: 60% Kleber / 40 % Aceton
- d. „Bindan-P Propellerleim“: 60% Kleber / 40 % Wasser

Hinweise:

Obwohl Bindan-P Propellerleim explizit nicht für Metallverklebungen spezifiziert ist, wurden aus Vergleichbarkeitsgründen trotzdem damit Klebungen in Alu – Alu und Alu – Kiefer durchgeführt.

Keine der Verklebungen wurden während der Trockenzeit (mindesten 24 Stunden bis Testbeginn) mechanisch verpresst, sondern lediglich mit Metallgewichten (ca. 100 g) beschwert. Nur beim

Kontaktkleber „Bindulin Modellbaukleber“ wurden nach dem Ablüften der Kleberoberflächen die Paarungen per Daumendruck kurz angepresst.

3.4 Kräfteinleitungen und Kraftmessungen

Alle Kraftmessungen wurden mit kalibrierten Federwaagen (max. Messbereiche jeweils 10 N, 20 N und 120 N) durchgeführt.

Die Scherbelastung erfolgte als Zuglast direkt in der Kleberebene in Newton (N), siehe Bild 3.

Die Torsionsbelastung (siehe Bild 4) und die Schälbelastung (siehe Bild 5) wurden als Drehmoment in die Klebeflächen eingeleitet, in Newton x Millimeter (Nmm), wobei die Zugkraft der Federwaage mit dem angewendeten Hebelarm ($l = 20\text{ mm}$, Abstand Kräfteinleitung bis zur Kante der Klebefläche, gültig für alle getesteten Materialpaarungen) das Belastungs-Drehmoment ergab.

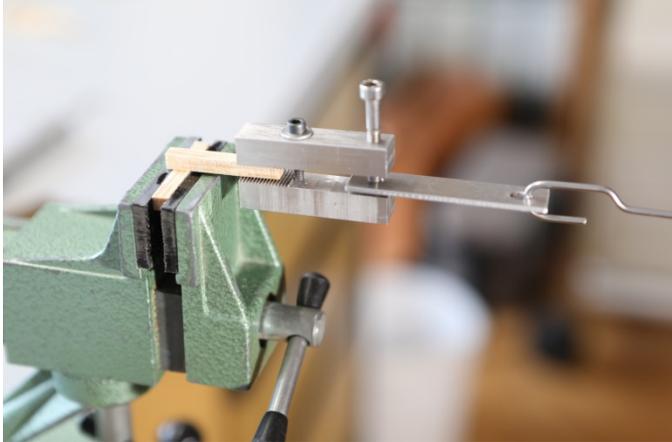


Bild 3: Scherbelastung (N)



Bild 4: Torsionsbelastung (Nmm), Hebelarm 20 mm

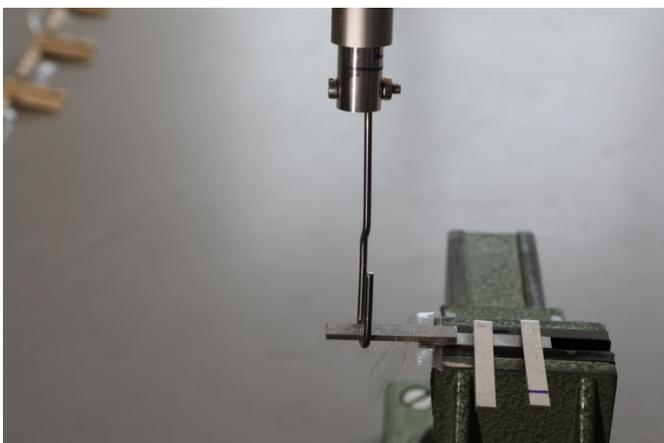


Bild 5: Schälbelastung (Nmm), Hebelarm 20 mm

3.5 Prüfdurchführung und Dokumentation

Die Federwaagen wurden für jede Kleber- und Materialpaarung an den angegebenen Kraft-Einleitpunkten eingehängt (Bilder 3, 4 und 5) und ausgezogen, bis sich entweder ein Bruch ereignete, oder der maximal verfügbare Messwert von 120 N (Angabe in den Rohdaten ist dann: min 120 N) erreicht war. Der bei einem Bruch zuletzt abgelesene Kraftwert wurde aufgezeichnet (siehe Rohdaten, Abschnitt 5).

3.6 Bewertung der Bruchstellen

Nach jedem Bruchereignis wurden mittels Stereomikroskop bei Vergrößerung 10x die Oberflächen der beteiligten Probenstücke im Klebebereich begutachtet und einer der folgenden Bruchkonfiguration zugeordnet:

- a. K: Bruch innerhalb der Kleberfuge, keine Anhaftungen von Material aus einem der Probenpartner feststellbar
- b. H: Bruch innerhalb der Holzstruktur, keine Kleberanhaftungen feststellbar
- c. Hk: Bruch überwiegend in der Holzstruktur, Kleberanhaftungen wesentlich kleiner als 50% der Gesamtklebefläche
- d. hK: Bruch überwiegend in der Kleberfuge, Holz-anhaftungen wesentlich kleiner als 50% der Gesamtklebefläche

Anmerkungen:

- Bruch in der Alu-Struktur ist für den vorliegenden Test nicht relevant
- Die Faserverläufe in den Holz-Probenstücken, parallel oder rechtwinklig zum eingeleiteten Kraftvektor, bestimmen u.U. das Bruchverhalten/Bruchbild der Klebestellen.

3.7 Elastizität der Verklebungen

Vor Beginn der Belastungstests wurden die Klebepaarungen unter dem Stereomikroskop bei Vergrößerung 10x auf eine Elastizität der Verklebung bei Kraftereinleitung (per Finger) begutachtet (siehe Rohdaten, Abschnitt 5).

3.8 Kanülen-Gängigkeit der Kleber

Alle vier Kleber wurden auf ihre Kanüलगängigkeit in unverdünnter und verdünnter (siehe Abschnitt 3.3) Konsistenz, ausschließlich bei Anwendung aus kleinen Kunststofffläschchen (ca. 5 – 20 ml) und mit zwei unterschiedlichen Kanülenarten, siehe Bild 6, überprüft. Die Kanüलगängigkeit der Kleber wurde qualitativ durch den erforderlichen Druck von Daumen-Zeigefinger auf den Fläschchenkörper und die dabei ausgepresste Klebermenge ermittelt.

Werden statt der Kunststofffläschchen Spritzen verwendet kann mit deren Spritzenkolben ein höherer Auspressdruck erzeugt und damit die ausgepresste Klebermenge vergrößert werden.



Bild 6: Kanülen auf Kunststoff-Fläschchen, verdünnte Kleber

4 Wichtige Hinweise zur Durchführung der Vergleichsprüfungen

- Sämtliche angewendeten Prüfprozeduren und Prüflingskonfigurationen sind modellbautypisch, folgen aber keinen Vorgaben von EN/DIN-Normen
- Die ermittelten Werte für Bruchkräfte (siehe Rohdaten) unterliegen Messfehlern, mindestens aus den Quellen Messanordnungen, Ablesungen der Federwaagen bei Bruchereignissen, Kalibrierungen der Waagen und Längenmessungen, Kleberbehandlung, Oberflächen- und Struktureigenschaften der Holz-Prüflinge
- Jede Bruchbelastung konnte nur einmal durchgeführt werden. Jeder ermittelte zugehörige Kraftmesswert ist nur ein Momentwert. Eine statistische Auswertung ist damit nicht möglich
- Trotz dieser Unsicherheiten kann aus den ermittelten Rohdaten eine qualitative Bewertung der Festigkeits-/ Brucheigenschaften der Kleber soweit erfolgen, dass Anwender ausreichend Anwendungsmöglichkeiten ableiten können.

5 Rohdaten

Sämtliche Messwerte und Beobachtungen sind als Rohdaten in einer Excel-Datei dokumentiert. Diese Daten sind Grundlage für die Ergebnisbewertung im Abschnitt 2.

6 Idee und Testdurchführung

Initiator dieses Klebertests: Helmuth Schnell, Saalflug-Depot, hmh.schnell@t-online.de

Beistellung NiCe Model Cement,
Bindulin Modellbaukleber, Fläschchen,
Kanülen:

Helmuth Schnell, Saalflug-Depot, hmh.schnell@t-online.de

Testvorbereitung / Testeinrichtungen
Durchführung / Testbericht:

Rudolf Breitsameter, rudolfbreitsameter@gmx.de

Testzeitraum:

Mai 2021