

LOCTITE®



**RICHTLINIE FÜR DIE REALISIERUNG EINER
WELLE-NABE-FÜGEVERBINDUNG
MIT ANAEROBEN LOCTITE®-PRODUKTEN**



Welle-Nabe-Verbindungen mit LOCTITE Klebstoffen

LOCTITE Fügeprodukte sind anaerob härtende Klebstoffe, die für eine stoffschlüssige und hochfeste Verbindung von Welle- und Nabe-Bauteilen aus metallischen Werkstoffen verwendet werden. Typische Anwendungsfelder sind zylindrische und konische Wellensitze.

Eine geklebte Welle-Nabe-Verbindung kann im Vergleich zu kraft- oder formschlüssigen Methoden eine Optimierung der Kraftübertragung und eine gleichmäßige Spannungsverteilung zwischen den Bauteilen erzielen. Gleichzeitig verhindert das Füllen der Klebefuge mit Klebstoff, einschließlich aller Rautiefen in der Oberfläche, das Auftreten von Relativbewegungen zwischen den Fügeteilen und hat eine dichtende und korrosionshemmende Wirkung.

Diese Richtlinie soll im Folgenden einen Überblick über die gängigsten Welle-Nabe-Fügeverbindungen geben und die Realisierung mit anaeroben LOCTITE-Produkten für eine anwendergerechte Handhabung ermöglichen.

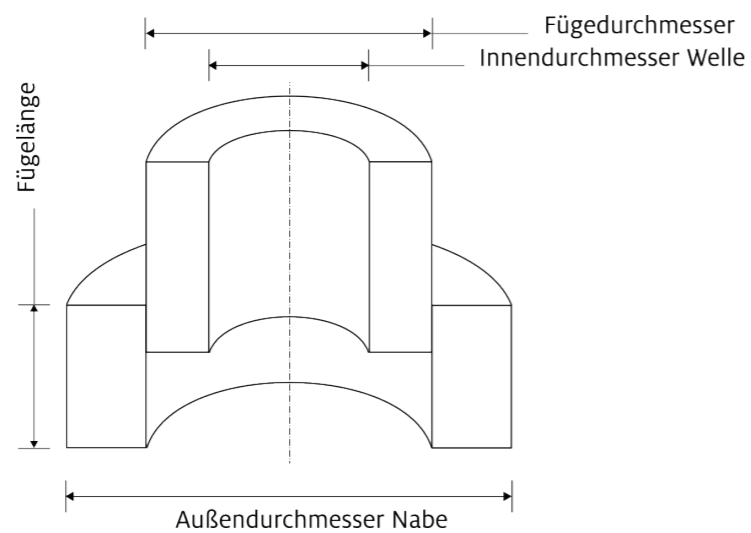


Bild 1 Schematische Darstellung einer Welle-Nabe-Verbindung und Ihre Dimensionen

Berechnung mit retcalc[plus]

Bereits bei der Auslegung und Konstruktion kann anhand der von Henkel entwickelten Software retcalc[plus] die Machbarkeit hinsichtlich der zu erwartenden Lastübertragung einer geklebten Welle-Nabe-Verbindung beurteilt werden. retcalc[plus] dient zur überschlagsmäßigen Berechnung, basierend auf Festigkeitswerten, die unter Laborbedingungen ermittelt wurden und kann insbesondere für die drei gängigsten Passungsarten angewandt werden. Hierzu zählen die geklebte Spielpassung und der geklebte Längs- und Querpressverband. Die für eine Berechnung notwendigen Kennwerte der zu untersuchenden Fügeverbindung müssen dem technischen Kundenservice in einem dafür zur Verfügung gestellten Formblatt angegeben werden.

Im Folgenden sind die drei wichtigsten Passungen für zylindrische Welle-Nabe-Verbindungen dargestellt, welche mit retcalc[plus] berechnet werden können. Darüber hinaus kann auch eine geklebte Kegelpressverbindung berechnet werden (hier nicht abgebildet).

Die Berechnung der geklebten Welle-Nabe-Verbindung soll speziell in der Konstruktionsphase zur bestmöglichen Auslegung der Bauteile verhelfen. Die realen Festigkeitseigenschaften müssen durch experimentelle Untersuchungen an Prototypen bzw. Originalbauteilen oder geeigneten Versuchskörpern anwendungsspezifisch überprüft werden. Aus diesem Grund empfehlen wir in jedem Fall Eigenversuche unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen durchzuführen.

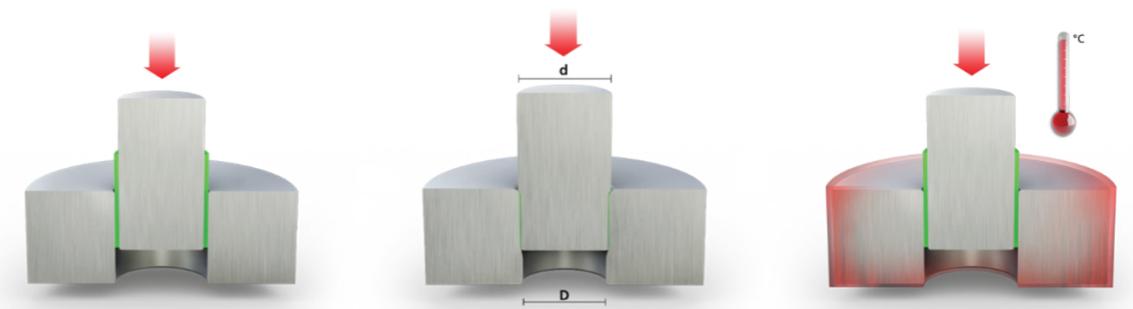


Bild 2 Die drei Passungsarten von links nach rechts: I Spielpassung, II Längspressverband, III Querpressverband (mit erwärmter Nabe in rot) für zylindrische Welle-Nabe-Verbindungen. Hellgrün: Flüssiger Klebstoff auf Fügefläche, roter Pfeil: Fügeichtung. d = Außendurchmesser der Welle, D = Innendurchmesser der Nabe

Gängige Passungsarten und Montagehinweise

Die Festigkeitserhöhung durch eine zusätzliche Klebung kann für statische und dynamische bzw. zyklische Dauerlast erreicht werden. Dabei verbessert sich die zu übertragene Axialkraft und die Radialkraft, respektive das Drehmoment der geklebten Welle-Nabe-Verbindung. Die drei gängigsten Passungsarten werden im Folgenden genauer beschrieben:

Spielpassung (I)

Die Teile werden mit Spiel gefertigt, der Klebstoff zwischen den Bauteilen überträgt die gesamte Last.

Längspressverband (II) und Querpressverband (III)

Zusätzlich zur Reibung zwischen den Bauteilen wird die Festigkeit, auch unter Dauerlast, durch den Klebstoff in den Rautiefen deutlich verbessert. Die höchsten Festigkeiten werden mit dem geklebten Querpressverband erreicht, da der ausgehärtete Klebstoff unter Druckvorspannung steht.

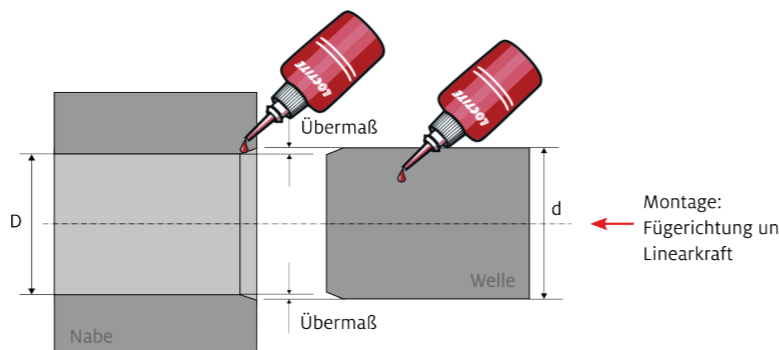


Bild 3 LOCTITE anaerobe Welle-Nabe Fügeprodukte - Beispiele

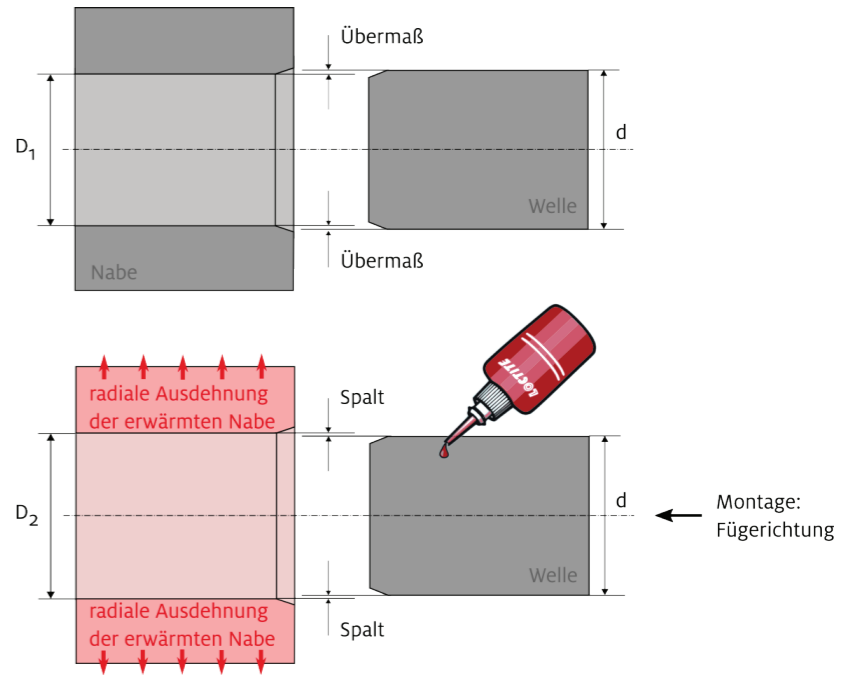
I. Spielpassung

Beschreibung	Darstellung
Die geklebte Spielpassung bezeichnet einen geklebten Schiebesitz. Der Klebstoff füllt den Spalt zwischen Welle und Nabe vollständig.	<p>Bild 4 Schematische Darstellung einer Spielpassung und Klebstoffauftrag, Darstellung Pfeile Fügerichtung und Rotation der Welle bei Montage. d: Außendurchmesser Welle, D: Innendurchmesser Nabe</p>
Richtwertangabe Übermaß	<p>Die Richtwertangabe für das Spaltmaß ist unabhängig vom Fügedurchmesser bzw. von der Bauteilgröße und liegt im Bereich zwischen 0,025 mm bis 0,075 mm. Dabei ist zu darauf zu achten, dass der Klebstoff den Spalt vollständig ausfüllt und dieser auch bei größeren Spalten vollständig aushärtet.</p> $s = \frac{D - d}{2}$ <p>s: Spaltmaß, D: Innendurchmesser Nabe, d: Außendurchmesser Welle</p>
Auftragen des Klebstoffs und Fügeprozess	<p>Der Klebstoff wird auf Welle und Nabe aufgetragen. Es erfolgt ein kraftfreies Fügen von Welle und Nabe bei gleicher Temperatur der Bauteile (i.d.R. Raumtemperatur).</p> <p>Mit einer Drehbewegung der Welle während des Fügens soll die Fügefläche vollständig mit Klebstoff benetzt werden.</p>

II. Längspressverband

Beschreibung	Darstellung
<p>Geklebte Pressverbände sind Längspressverbände, die ein Übermaß aufweisen. Welle und Nabe werden durch eine Axialkraft gefügt. Der Klebstoff befindet sich in den Rautiefen.</p>	 <p>Bild 5 Schematische Darstellung eines Längspressverbands und Klebstoffauftrag und Axialkraft zum Fügen (roter Pfeil). d: Außendurchmesser Welle, D: Innendurchmesser Nabe</p>
<p>Richtwertangabe Übermaß</p>	<p>Die Richtwertangabe für ein ideales Übermaß ist abhängig vom Fügedurchmesser und beträgt vorzugsweise 0,02 mm bis maximal 0,07 mm für einen Fügedurchmesser von 50 mm. Das ideale Übermaß kann mittels retcalc[plus] bestimmt werden.</p>
<p>Auftragen des Klebstoffs und Fügeprozess</p>	<p>Der Klebstoff wird auf Welle und Nabe aufgetragen. Die Bauteile werden mit Hilfe einer Axialkraft bei Raumtemperatur gefügt. Die empfohlene Fügegeschwindigkeit liegt bei 1000 mm/min. Auftretende Reibungswärme zwischen den Bauteilen kann zu einer spontanen Aushärtung des flüssigen Klebstoffs führen und sollte im Fügeprozess berücksichtigt werden.</p>

III. Querpressverband

Beschreibung	Darstellung
<p>Geklebte Schrumpfverbände sind Querpressverbände, die ein Übermaß aufweisen. Welle und Nabe werden ohne Zuhilfenahme einer Längskraft, sondern durch die thermische Aufweitung der Nabe gefügt. Der Klebstoff ist in den Rautiefen und verstärkt den Verbund zusätzlich zum Fugendruck.</p>	 <p>Bild 6 Schematische Darstellung eines Querpressverbands und flächiger Klebstoffauftrag auf Welle und Fügegerichtung. d: Außendurchmesser Welle, D1: Innendurchmesser Nabe kalt (nicht dargestellt), D2: Innendurchmesser Nabe warm. Hier: $D2 > D1$</p>
<p>Richtwertangabe Übermaß</p>	<p>Das empfohlene Übermaß für geklebte Schrumpfverbände soll 1‰ des Fügedurchmessers betragen, retcalc[plus] gibt das relevante Übermaß und die ideale Füge­temperatur unter Berücksichtigung der Werkstoffkennwerte an. Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben wird ein Haften des Pressverbands während des Fügens ausgeschlossen.</p>
<p>Auftragen des Klebstoffs und Fügeprozess</p>	<p>Während bei den nichtgeklebten Schrumpfverbänden zur Herstellung des notwendigen Fügspiels auch die Welle unterkühlt werden kann, wird bei geklebten Verbindungen nur das Aufwärmen der Nabe empfohlen. Die Erwärmungstemperatur der Nabe ist bis 230°C begrenzt, um eine zu starke Erhitzung des Klebstoffs beim Fügen zu vermeiden. Der Klebstoff wird auf die nicht erwärmte Welle aufgetragen.</p>

Ergänzende Montagehinweise

Zur **Reinigung** der Bauteile wird die Verwendung von LOCTITE SF 7063 empfohlen. Die Oberfläche muss staub- bzw. fettfrei (hierzu zählt auch Korrosionsschutz) sein, um ein optimales Klebeergebnis hervorzubringen.

Der **Klebstoffauftrag** muss für jede Passungsart entsprechend ausgeführt werden (siehe Abbildungen in Tabelle).

Sofern zusätzlich ein **Aktivator** eingesetzt wird, erfolgt der Auftrag des Aktivators auf dem Bauteil, auf dem kein Klebstoff aufgetragen wird.

Um die richtige Klebstoffmenge reproduzierbar zu dosieren, ist die Verwendung von LOCTITE **Dosierequipment** zu empfehlen.

Werden Wellen oder Stifte in ein **Sackloch** geklebt, kann der Klebstoff durch die komprimierte Luft verdrängt werden. Abhilfe ist eine Entlüftungsbohrung oder das Dosieren des Klebstoffs in die Bohrung.

Für ein optimales Klebeergebnis muss die Klebefläche komplett mit Klebstoff benetzt und ausgehärtet sein. Bei zerstörender Festigkeitsprüfung muss als **Bruchbild** ein Kohäsionsbruch (sogenannter Weissbruch) vorliegen. Speziell bei der Spielpassung muss eine vollständige Benetzung der Bauteile in der Klebefuge durch eine Rotation der Welle während des Fügens der Bauteile erfolgen.

Zur Überprüfung des aufgetragenen Klebstoffs, kann mithilfe von UV-Licht der im LOCTITE befindliche **Fluoreszenzfarbstoff** sichtbar gemacht werden, um eine optische Kontrolle durchzuführen. Dies funktioniert sowohl im flüssigen als auch ausgehärteten Zustand des Produkts.

Gestaltungsempfehlungen

Folgende Angaben werden als Empfehlungsgrundlage für die optimale Auslegung einer geklebten Welle-Nabe-Verbindung aufgeführt:

Fügefase

Die Fügeteile sollen mit Fasen von 15° - 35° und 1-3 mm Länge versehen sein, um ein effektives Fügen und ausreichende Filmbildung in der Klebefuge zu gewährleisten. Dies verhindert, dass der Klebstoff aus der Fuge herausgeschoben bzw. vor der Fuge abgeschert wird. Liegt keine Fügefase oder Fügefassen von 45° vor, wird der Klebstoff abgestreift und erreicht nicht die relevanten Werkstückflächen.

Fügelänge

Die ideale Fügelänge für eine maximale Kraftübertragung beträgt das 0,8 bis 1,2-fache des Fügedurchmessers.

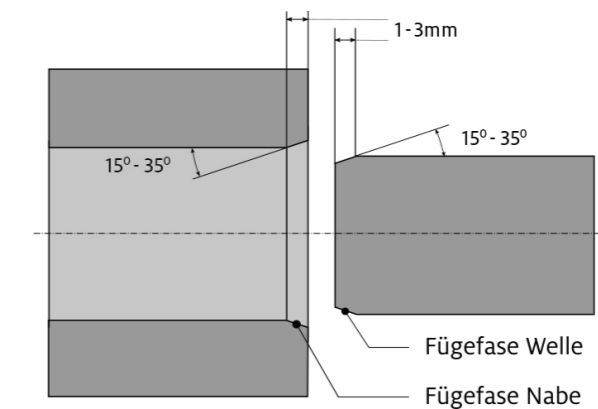


Bild 7 Fügefase an Welle und Nabe, um eine maximale Klebstoffverteilung zu gewährleisten

Oberflächengüte

Ideal ist eine Oberflächengüte von Rz = 6,3 bis 14 µm.

Bei sehr glatten Oberflächen (Rz < 6,3 µm) kann es zu Adhäsionsbrüchen kommen, da der Klebstoff nicht ausreichend auf der Bauteiloberfläche verankert ist. Dies kann insbesondere bei Spielpassungen zu Ausfällen führen. Übermaßpassungen können auch mit glatten Oberflächen Rz < 6,3 µm verarbeitet werden.

Darüber hinaus kann für gedrehte Bauteiloberflächen eine Festigkeitsverbesserung durch eine Oberflächenvorbehandlung mittels Sandstrahlen, oder? (Strahlgut Korund, gültig für alle geklebten Passungsarten) erzielt werden. In der Regel basieren retcalc[plus] Berechnungen auf der Annahme, dass die Oberflächen eine Oberflächengüte von Rz = 8 µm aufweisen. Bei der Berechnungseingabe kann zwischen gedrehten und gestrahlten Oberflächen unterschieden werden.

Wärmeausdehnung der Werkstoffe

Unterschiedliche thermische Ausdehnungen der Werkstoffe werden bei retcalc[plus] nicht berücksichtigt. Im Realfall muss dies jedoch für größere Bauteile, die wechselnden Temperaturen ausgesetzt sind, in die Auslegung miteinbezogen werden. Spielpassungen sind besonders gefährdet zu versagen, da die Klebefuge mit zunehmender Temperatur größer wird. Dabei ist es möglich, dass sich die stoffschlüssige Verbindung löst. Anstelle einer Spielpassung ist auch eine Presspassung oder eine schrumpfgeklebte Spielpassung empfehlenswert.

Demontage und Wiederverklebung

- Klebestelle lokal auf 250°C erwärmen, um die Festigkeit des Klebstoffs zu verringern. Im erwärmten Zustand demontieren bzw. abziehen.
- Klebstoffreste können vor dem Wiederverkleben mit LOCTITE SF 7200 (Kleb- und Dichtstoffentferner) entfernt werden. Eine anschließende Nachreinigung mit LOCTITE SF 7063 ist notwendig und ist eine optimale Oberflächenvorbereitung für eine Wiederverklebung.

Anaerobe Aushärtung und die Verwendung von Aktivatoren

Anaerobe Klebstoffe vernetzen unter zwei Voraussetzungen zum Duroplast: zum einen startet die Reaktion unter Luftabschluss (griechisch, anaerob = ohne Luft) und zum anderen ist Metallkontakt erforderlich. Ist beides gewährleistet, startet die Reaktion unmittelbar am Substrat und härtet zur Mitte des Klebstoffs mittels Eisen- oder Kupferionen aus den Substratoberflächen. Nur wenn ausreichend Ionen zur Verfügung stehen, kann eine Aushärtung stattfinden. Insbesondere bei rostfreien, „passivierten“ Werkstoffen (bspw. Edelstahl oder Aluminium) kann eine geringe katalytische Wirkung an der Werkstoffoberfläche vorliegen und die Klebstoffaushärtung findet nur verlangsamt oder gar nicht statt. Ist dies der Fall ist ein Aktivator notwendig, um die Aushärtung des Klebstoffs sicherzustellen. Auch durch die Umgebungstemperatur (bei Temperaturen unter 20°C) kann die Reaktionsgeschwindigkeit verlangsamt auftreten. Als Faustregel gilt: eine niedrigere Umgebungstemperatur von $\Delta T = -10^\circ\text{C}$ verdoppelt die Aushärtezeit. Auch in diesem Fall kann ein Aktivator verwendet werden, um die Reaktion zu beschleunigen. Durch den zusätzlichen Einsatz eines Aktivators wird jedoch die Endfestigkeit unter Umständen herabgesetzt. Dies muss mit entsprechenden Abschlagfaktoren bezüglich der Lastübertragung berücksichtigt werden. Angaben hierzu finden Sie im technischen Datenblatt des jeweiligen Produktes, im Diagramm «Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit von Aktivator bzw. Temperatur».

Zusammenfassend gilt es zu berücksichtigen, dass die Aushärtung der anaeroben Klebstoffe von mehreren Faktoren beeinflusst wird. Hierzu zählen die Verfügbarkeit von Eisen- oder Kupferionen, die Spaltgröße und die Umgebungstemperatur. Ergänzend soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass eine nachträgliche Warmaushärtung der Bauteile nach dem Fügen zu einer Erhöhung der Festigkeit führen kann.

Wann sollte kein anaerober Klebstoff verwendet werden?

Limitierende Faktoren für die Verwendung eines anaeroben Klebstoffs sind folgende:

- Hohe Temperaturbelastung (die Dauer-einsatztemperatur von +150...180°C und höher schädigt den Klebstoff).
- Passive Werkstoffe (keine Eisen- oder Kupferionen bei Kunststoffen oder lackierten Bauteilen).
- Spaltmaß (ist der Spalt zu groß, kann der Klebstoff nicht vollständig aushärten).
- Medienkontakt (Medien, die mit der Klebefuge in Kontakt sind, müssen vorab hinsichtlich der Beständigkeit geprüft werden).

Technische Daten zu den jeweiligen eingesetzten Produkten (Reiniger, Klebstoff und Aktivator) können auf unserer Homepage www.henkel-adhesives.de abgerufen werden.

LOCTITE®

tewipack
klebetechnik



tewipack Uhl GmbH
Industriestraße 15
D-75382 Althengstett
www.tewipack.de

info@tewipack.de
T +49 (7051) 9297 0
shop.tewipack.de

KLEBEN VERBINDET

