ANTRIEBSTECHNIK · PRESSVERBÄNDE · PASSFEDERN · ZAHNWELLEN · REFERENZDOKUMENT · ÖFFENTLICH

Auslegung von Welle-Nabe-Verbindungen

Drehmoment von der Welle in die Nabe übertragen — Pressverband, Passfeder, Zahnwelle, Kegelpressverband und Klemmnabe — mit dem jeweils übertragbaren Drehmoment, den Vor- und Nachteilen und der Auslegung.

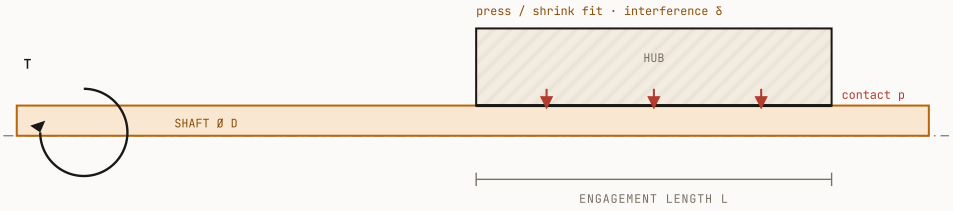
REVISION	AUSGABE	VERANTWORTLICH	BEGLEITMATERIAL
1.0	June 2026	Ideambox Engineering	PDF-Referenz

KURZFASSUNG

Eine Welle-Nabe-Verbindung überträgt Drehmoment (und teils Axialkraft) zwischen einer rotierenden Welle und einem Zahnrad, einer Riemenscheibe, einem Kettenrad oder einer Kupplung. Die Wahl — Pressverband, Passfeder, Zahnwelle, Kegel, Gewindestift oder Klemmnabe — wägt übertragbares Drehmoment gegen Zentriergenauigkeit, (De-)Montierbarkeit, Wellenschwächung und Kosten ab.

Abschnitt 1 vergleicht die Verfahren. Abschnitt 2 behandelt Pressverbände (Längs-/Querpressverband) und ihr Drehmoment. Abschnitt 3 behandelt Passfedern und Passfedernuten. Abschnitt 4 behandelt Zahnwellen. Abschnitt 5 behandelt Kegelpressverbände, Klemmnaben, Spannelemente und Gewindestifte. Abschnitt 6 enthält eine Auswahl-Checkliste.

SHAFT-HUB INTERFERENCE FIT — SECTION



EIN PRESSVERBAND ÜBERTRÄGT DAS DREHMOMENT REIN REIBSCHLÜSSIG ÜBER DIE FUGENPRESSUNG — OHNE NUT, OHNE KERBE. DIE ANDEREN VERFAHREN (PASSFEDER, ZAHNWELLE, KEGEL, KLEMMUNG) WÄGEN DREHMOMENT, ZENTRIERUNG, KOSTEN UND DEMONTIERBARKEIT GEGENEINANDER AB.

INHALT

1. Vergleich der Verfahren
2. Pressverbände (Längs- und Querpressverband)
3. Passfedern und Passfedernuten
4. Zahnwellen
5. Kegelpressverbände, Klemmnaben und Spannelemente
6. Auswahl-Checkliste

1. Vergleich der Verfahren

VERFAHREN	DREHMOMENT	ZENTRIERUNG	(DE-)MONTAGE	WELLENSCHWÄCHUNG	HINWEISE
Pressverband (Längs-/Querpressverband)	hoch	sehr gut	aufwendig (Presse/Erwärmung)	keine	Sauber, keine Kerbe; erfordert Kraft oder Wärme
Passfeder + Nut	mittel–hoch	gut	einfach	Nut (Kerbe)	Günstig, genormt, der Standard
Zahnwelle	sehr hoch	sehr gut	einfach (axial schiebbar)	keine zusätzliche	Viele Zähne teilen sich die Last; teuer in der Herstellung
Kegelpressverband (+ Mutter)	hoch	sehr gut	mittel	keine	Selbstzentrierend, präzise, lösbar
Klemmnabe / geschlitzte Nabe	mittel	gut	sehr einfach	keine	Verstellbar; keine Bearbeitung der Welle
Spannelement / Schrumpfscheibe	sehr hoch	gut	mittel	keine	Hohes Drehmoment ohne Nut
Gewindestift (auf Abflachung)	niedrig	schlecht	sehr einfach	beschädigt die Welle	Nur für geringe Belastung; Abflachung vorsehen

1.1 Begriffe

`Übermaß (δ)`	Um wie viel die Welle vor dem Fügen größer ist als die Bohrung
`Fugenpressung (p)`	Radialer Druck in der Fuge (aus den Lamé-Gleichungen)
`Fugenlänge (L)`	Axiale Überdeckung von Welle und Nabe — das Drehmoment wächst proportional dazu
`Durchmesserverhältnis der Nabe`	Außen-/Innendurchmesser der Nabe — dünne Naben erreichen die Grenze der Tangentialspannung früher

2. Pressverbände (Längs- und Querpressverband)

Die Welle wird etwas größer als die Bohrung gefertigt; das Fügen erzeugt eine Fugenpressung **p** (aus dem Übermaß δ und den Lamé-Gleichungen für dickwandige Zylinder, mit Nabengeometrie sowie E und ν beider Werkstoffe). Die Reibung bei dieser Pressung überträgt die Last:

- **Drehmoment** $T = \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot L / 2$
- **Axiale Auspresskraft** $F = \mu \cdot p \cdot \pi \cdot D \cdot L$

Dabei ist D der Fugendurchmesser, L die Fugenlänge und μ der Haftreibwert (≈0.1–0.15 Stahl trocken; niedriger, wenn beim Einpressen geölt wird). Mit dem Rechner *Press-fit interference* lassen sich p, T und F aus δ ermitteln.

- **Nach ISO 286 tolerieren:** leicht `H7/p6`, mittel `H7/s6`, schwer `H7/u6`. Größeres Übermaß → mehr Drehmoment, aber auch höhere Tangentialspannung in der Nabe (prüfen, dass die Nabe nicht plastifiziert) und größere Fügekraft.
- **Querpressverband** (Schrumpfverband: Nabe erwärmen, oder Dehnverband: Welle unterkühlen) erreicht dasselbe Übermaß mit geringer Fügekraft und voller Haltekraft
  am besten für große Durchmesser oder große Übermaße.
- **Oberflächengüte beachten:** Rauheitsspitzen werden beim Fügen eingeebnet, das
  wirksame
  Übermaß ist daher kleiner als das gemessene
  eine Passung, die aus Nennmaßen berechnet wurde, überschätzt bei grober Oberfläche das Drehmoment.

3. Passfedern und Passfedernuten

Eine Passfeder (Rechteckquerschnitt) in passenden Nuten von Welle und Nabe ist das genormte, günstige Standardverfahren. Sie wird gegen Abscheren und Flächenpressung ausgelegt; die Nut ist als Kerbe für die Dauerfestigkeit der Welle zu berücksichtigen.

- **Abscheren:** Passfederbreite × Länge nimmt `F = 2T/D` in der Scherfläche der Passfeder auf.
- **Flächenpressung:** Die Pressung der Passfederflanke an der Nutwand ist meist die Grenze; ebenfalls prüfen.
- **Normmaße (DIN 6885, Passfeder b × h nach Wellendurchmesser):**

Wellen-Ø (mm)	Passfeder b × h	Wellen-Ø (mm)	Passfeder b × h
10–12	4 × 4	30–38	10 × 8
12–17	5 × 5	38–44	12 × 8
17–22	6 × 6	44–50	14 × 9
22–30	8 × 7	50–58	16 × 10

Die in die Welle gefräste Nut erhöht die örtliche Spannung ($K_t \approx 2–3$) — ein Dauerfestigkeitsproblem bei wechselnd oder hoch belasteten Wellen. Wo die Dauerfestigkeit maßgebend ist, großzügige Radien am Nutauslauf oder eine nutlose Verbindung verwenden.

4. Zahnwellen

Zahnwellen sind gewissermaßen viele, in die Welle eingearbeitete Mitnehmer; die Last verteilt sich auf alle Zähne — weit höheres Drehmoment und bessere Zentrierung als eine einzelne Passfeder, ohne separates Teil, das abscheren kann.

- **Keilwelle mit geraden Flanken** (älter, einfach; ISO 14) vs. **Zahnwelle mit Evolventenflanken** (fester, selbstzentrierend, mit Lehren leichter zu fertigen; DIN 5480)
  die Evolventenverzahnung ist heute der Standard.
- Sie erlauben **axiales Verschieben unter Last** (z. B. Gelenkwellen, Schaltgetriebe) bei gleichzeitiger Drehmomentübertragung.
- In der Herstellung teurer (Räumen/Wälzfräsen), daher hohen Drehmomenten oder Schiebeanwendungen vorbehalten.

5. Kegelpressverbände, Klemmnaben und Spannelemente

- **Kegelpressverband (+ Sicherungsmutter):** Kegelige Welle und Bohrung zentrieren sich genau selbst und halten reibschlüssig; lösbar. Üblich an Werkzeugspindeln und Kurbelwellen-Riemenscheiben.
  - Drehmoment einer kegeligen Welle-Nabe-Verbindung: Die Axialkraft `Fₐ` der Mutter presst den Kegel und erzeugt eine Normalkraft `F_N = Fₐ / (sin(α/2) + μ·cos(α/2))` sowie ein Reibmoment `T = μ · F_N · d_m / 2` (α = Kegelwinkel, d_m = mittlerer Kegeldurchmesser, μ ≈ 0.10–0.15 Stahl trocken).
  - Das genormte kegelige Wellenende ist **1:10** (DIN 1448 / ISO 775): α/2 ≈ 2.86°, also tan(α/2) ≈ 0.05 < μ
    die Verbindung ist nach dem Aufpressen selbsthemmend und lässt sich nur mit einem Abzieher lösen.
  - Beispiel: d_m = 30 mm, F_a = 20 kN, μ = 0.12 → F_N ≈ 118 kN → T ≈ 210 N·m. Eine Passfeder im Kegel richtet die Nabe in Umfangsrichtung aus; bei korrekt angezogenem Kegel sollte sie nur wenig Drehmoment übertragen.
- **Klemmnabe / geschlitzte Nabe:** Eine geschlitzte Nabe, die mit einer Schraube zusammengezogen wird, klemmt die Welle reibschlüssig
  keine Wellenbearbeitung, stufenlos verstellbar; mittleres Drehmoment. Ideal für Prototypen und einstellbare Aufbauten.
- **Spannelemente / Schrumpfscheiben:** Kegelige Ringe werden verspannt und klemmen Nabe und Welle mit sehr hohem Drehmoment
  ohne Nut und ohne Kerbe; eingesetzt, wo Passfedern auf Dauerbruch versagen würden.
- **Gewindestifte:** nur für geringe Belastung; immer auf einer **Abflachung** ansetzen (oder Gewindestift mit Zapfen in eine Bohrung), damit sie die Welle nicht aufwerfen und durchrutschen. Zwei Stifte unter 90° halten besser als einer.

6. Auswahl-Checkliste

- **Drehmoment**
  Dauerwert sowie Wechsel- oder Stoßspitzen (diese sprechen für nutlose Verbindungen oder Zahnwellen).
- **Zentrierung / Rundlauf**
  Pressverband, Kegel und Zahnwelle zentrieren am besten, Gewindestifte am schlechtesten.
- **Axiales Verhalten**
  muss die Nabe verschiebbar sein (Zahnwelle) oder fixiert bleiben (Passung/Passfeder/Mutter)?
- **(De-)Montage**
  Zugänglichkeit und Häufigkeit der Wartung: Klemm- oder Spannelemente für leichtes Lösen, Pressverbände für dauerhafte Verbindungen.
- **Wellenschwächung**
  Nuten und Gewindestiftabdrücke an dauerfestigkeitskritischen oder gehärteten Wellen vermeiden (nutlose Verbindung verwenden).
- **Kosten**
  Passfeder am günstigsten; Zahnwelle und Spannelement am teuersten.
- **Dann:** das Verfahren auslegen (Pressverband mit dem Pressverband-Rechner; Passfeder auf Abscheren + Flächenpressung; Zahnwelle/Spannelement nach den Drehmomentangaben des Herstellers) und die Dauerfestigkeit der Welle an jeder Nut nachweisen.

This document is also a web page, kept up to date:
https://ideambox.com/de/downloads/shaft-hub-connections/

Designing something that needs this? ideambox.com/contact