


DVS – DEUTSCHER VERBAND  
FÜR SCHWEISSEN UND  
VERWANDTE VERFAHREN E.V.

EFB EUROPÄISCHE  
FORSCHUNGSGESELLSCHAFT  
FÜR BLECHVERARBEITUNG E.V.

**Prüfung von Verbindungseigenschaften**  
Prüfung der Eigenschaften mechanisch und kombiniert  
mittels Kleben gefertigter Verbindungen –  
Steifigkeitsermittlung  
elementar mechanisch gefügter Verbindungen  
**Testing of Properties of Joints**  
Testing of Properties of mechanical and hybrid  
(mechanical/bonded) joints –  
Stiffness analysis of mechanical joints

DVS   
**Merkblatt**  
**DVS/EFB 3480-1**  
Bezeichnung

#### Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Geltungsbereich
- 3 Allgemeine Vorbetrachtungen
- 4 Probenformen
  - 4.1 2-Punkt-Scherzug-Steifigkeitsprobe
  - 4.2 Verdreh-Steifigkeitsprobe
- 5 Prüfverfahren
  - 5.1 Allgemeine Hinweise
  - 5.2 Relativverschiebungsmessung mit 2-Punkt-Scherzug-Steifigkeitsprobe
  - 5.3 Relativverschiebungsmessung mit Verdreh-Steifigkeitsprobe
- 5.4 Versuchsauswertung
- 6 Schrifttum
  - 6.1 Normen
  - 6.2 Technische Regeln
  - 6.3 Literatur

### 1 Einleitung

Eine wesentliche Voraussetzung für die Akzeptanz mechanischer Fügeverfahren in der Industrie ist die Berechenbarkeit und Auslegbarkeit der Verbindungen. Die Ermittlung der örtlichen Beanspruchung an den Fügestellen erfolgt mit der FEM in der Strukturberechnung. Hierbei kommt der Kenntnis der charakteristischen Steifigkeit der Fügestellen insbesondere bei Scherzugbelastung eine herausragende Bedeutung zu. Die Steifigkeit beschreibt das Verformungsverhalten einer Verbindung bei Belastung und ist damit Voraussetzung für die genaue Berechnung des diskreten Spannungszustands im Bereich der Fügestelle. Auf der Basis des Vergleichs von erwarteter und zulässiger Beanspruchung erfolgt die Auslegung von Typ, Anzahl und Dimension der Fügestellen an den Baugruppen. Ungenauere Steifigkeitswerte für Fügestellen führen bei der Strukturberechnung zu zeit- und kostenaufwendigen Entwurfsschleifen für die Kalibrierung und

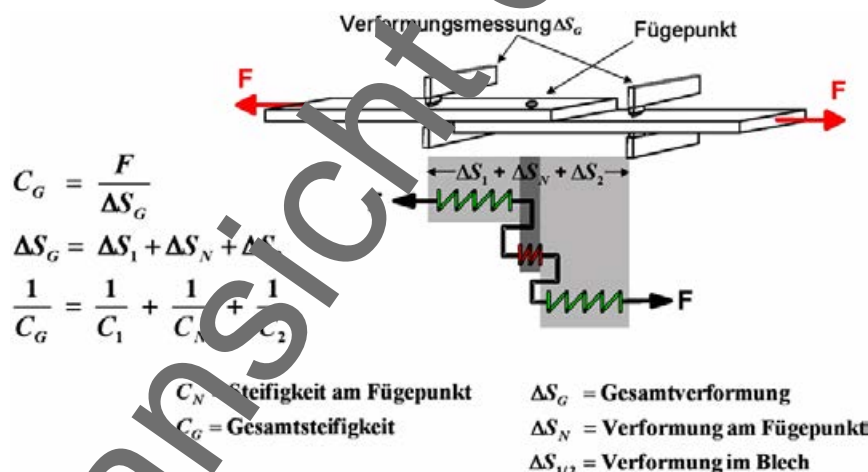
Verifizierung der Berechnungsmodelle. Die in diesem Merkblatt ausgeführten Verfahren und Probenformen dienen einer exakten Ermittlung der Steifigkeit punktförmig gefügter Verbindungen an Blechbaugruppen.

### 2 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für elementar mechanisch gefügte, einschneittige Verbindungen aus Stahl und Nichteisenmetallen im Blechdickenbereich bis  $t \leq 20$  mm, Durchmessern von Hilfsfügeteilen bis 6 mm und Fügestellen ohne Hilfsfügeteil bis 10 mm Durchmessern. Für andere Blechdicken, Abmessungen von Hilfsfügeteilen, Nichteisenmetalle bzw. mehrschneittige Verbindungen muss die Anwendung im Einzelfall geprüft werden, da oberhalb der angegebenen Größe noch keine gesicherten Erkenntnisse vorliegen.

### 3 Allgemeine Vorbetrachtungen

Bei der konventionellen Ermittlung von Verbindungssteifigkeiten werden anhand von Ein- oder Mehrpunktproben gemäß der im Merkblatt DVS/EFB 3480-1 beschriebenen Messmethodik Zug-, Scher- und Traversenwegverläufe bzw. mit Längenänderungsaufnehmern gemessene Wegverläufe gegenübergestellt. Die Berechnung der Steifigkeit der Verbindung erfolgt über die Bestimmung der Steigung der Kraft-Weg-Verläufe im Bereich der rein elastischen Verformung einer Verbindung. Hierbei werden jedoch Deformationen der Hilfsfügeteile, lokale Deformationen im Nahbereich der Fügestelle und globale Verformungen der Bleche als Summe erfasst ( $\Delta S_1, \Delta S_2, \Delta S_N$ ). Somit wird eine Gesamtsteifigkeit  $C_G$  über die komplette Messstrecke an der Probe bestimmt und es werden deshalb deutlich zu kleine Werte ermittelt. In Bild 1 sind diese Verkettungen an einem Federmodell verdeutlicht. Mit dieser Vorgehensweise werden die Verbindungsstellen im Hinblick auf ihre tatsächliche Steifigkeit entsprechend unterbewertet.

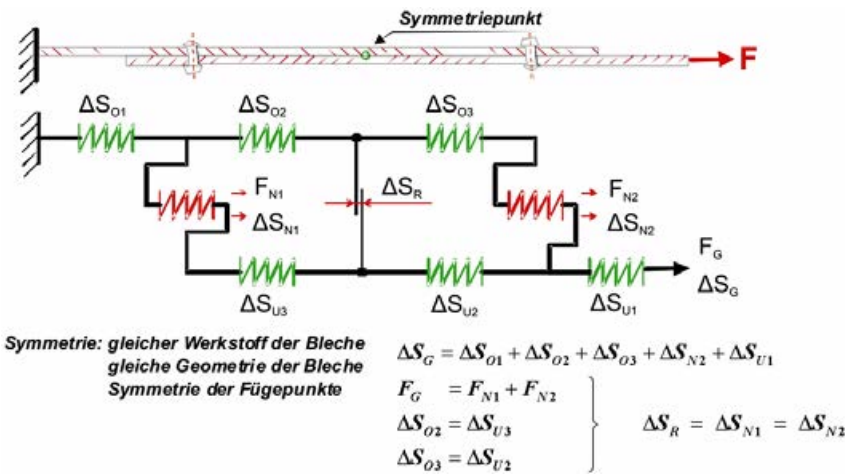


**Bild 1.**

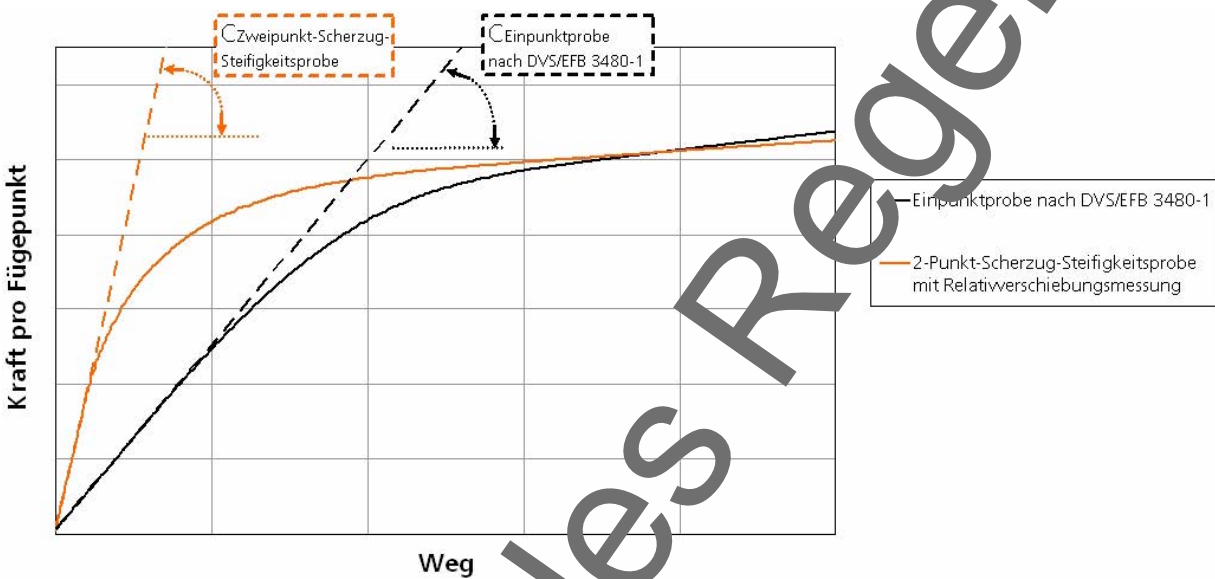
Prinzip der konventionellen Steifigkeitsermittlung mit Längenänderungsaufnehmer [1].

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, in wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) und des DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS/EFB-Gemeinschaftsausschuss „Mechanisches Fügen“



**Bild 2.** Prinzip der Steifigkeitsermittlung mittels Relativverschiebungsmessung an einer symmetrischen Einpunkt-Scherzug-Steifigkeitsprobe [1].



**Bild 3.** Schematische Gegenüberstellung der Kraft-Weg-Verläufe von einer Einpunktprobe und einer 2-Punkt-Scherzug-Steifigkeitsprobe mit Relativverschiebungsmessung.

Im Folgenden wird eine alternative Methode zur Ermittlung der Steifigkeit punktförmiger Verbindungen beschrieben, bei der dieser Nachteil nicht auftritt. Sie beruht auf der Messung der Relativverschiebung der Bleche bei einer Scherzugbelastung. Hier werden ausschließlich die Deformationen an den Fügestellen gemessen. In Bild 2 wird an einem Festmodell das Prinzip der Relativverschiebungsmessung demonstriert. Die benötigte 2-Punkt-Probe ist punktsymmetrisch aufgebaut. Die Fügepartner bestehen aus dem gleichen Werkstoff und haben dieselbe Blechdicke. Die Fügerichtung der beiden Verbindungen ist entgegengesetzt gerichtet. Damit ist gesichert, dass beide Fügestellen gleich belastet und deformiert werden. Die Relativverschiebung der Bleche ist bei einer Scherzugbelastung im Symmetriepunkt zwischen den beiden Fügestellen proportional den Verformungen an den Fügestellen. Die globale Dehnung der Bleche und eine Nachgiebigkeit der Belastungsrichtung haben keinen Einfluss auf die Größe der Relativverschiebung zwischen den Blechen. Die Steifigkeit der Verbindung wird aus der Steigung der Kraft-Relativverschiebungskurve im Bereich der rein elastischen Verformung der Verbindung ermittelt.

Fügepaarungen aus verschiedenen Blechdicken oder Werkstoffen werden in einem Torsionstest geprüft. Bei diesem Test werden alle Fügestellen gleich belastet und deformiert. Die Deformation der Fügestellen ist wieder proportional der Relativverschiebung, die hier zwischen den Fügestellen auf dem Umfang des Fügekreises gemessen wird.

Gegenüber der Prüfung an Einpunktproben wird sowohl bei der 2-Punkt-Probe als auch bei der Verdrehprobe eine Probenbeanspruchung ähnlich der Beanspruchung von Mehrpunktverbindungen in Bauteilen erreicht. Im Bild 3 sind die charakteristischen Kraft-Weg-Verläufe von einer Einpunktprobe mit Messprinzip nach DVS/EFB 3480-1 und einer 2-Punkt-Scherzug-Steifigkeitsprobe mit Relativverschiebungsmessung gegenüber gestellt.

## 4 Probenformen

### 4.1 2-Punkt-Scherzug-Steifigkeitsprobe

Die Fertigung der 2-Punkt-Scherzug-Steifigkeitsprobe erfolgt aus zwei identischen Materialzuschnitten. Die entsprechenden Geometrien und Punktabstände sind Bild 4 zu entnehmen. Der Abstand der Fügepunkte soll 100 mm betragen. Bei deutlich kleineren Fügepunktabständen können sich die Bereiche der Fügepunktdeformation überlappen. Die Fügerichtung für die beiden Verbindungen ist entgegengesetzt. Die freie Einspannlänge beträgt 180 mm. Es ist auf einen ausreichenden Einspannbereich zu achten, sodass es zu keinem Rutschen der Probe beim Versuch kommen kann. Sind prüfmaschinenbedingt größere Einspannlängen erforderlich, ist die Länge des Materialzuschnittes entsprechend zu vergrößern. Für die Vergleichbarkeit der ermittelten Ergebnisse ist es notwendig, dass freie Einspannlänge und Überlappung immer gleich gehalten werden.