

KUNSTSTOFFE

Synthetics

Magazin für Herstellung, Verarbeitung
und Anwendung von Kunststoffen und neuen Werkstoffen

VERARBEITUNG

Johannes Kunz

Fügetechnik für Kunststoffkonstruktionen

KRAFTFLUSS SYSTEMATISIERTE K-SCHRAUBVERBINDUNGEN

Separatdruck aus Zeitschrift «Kunststoffe-Synthetics» Nr. 6/2001

VS/H MEDIEN
VOGT-SCHILD/HABEGGER

Vogt-Schild/Habegger Medien AG, Zuchwilerstrasse 21, CH-4501 Solothurn

Fügetechnik für Kunststoffkonstruktionen

KRAFTFLUSS SYSTEMATISIERTE K-SCHRAUBVERBINDUNGEN

Der Kraftfluss ist ein geeignetes Kriterium für eine Systematik der Schraubverbindungen an Kunststoffkonstruktionen. Er steht in direktem Zusammenhang mit Funktion und Wirkprinzip der Verbindungen und damit auch mit der Konstruktionssystematik überhaupt. Anzahl und Geometrie der Funktionselemente einer Schraubverbindung und Kraftfluss bestimmen sich gegenseitig.

Es wird eine Unterscheidung zwischen unmittelbarem, halbmittelbarem und mittelbarem Kraftfluss vorgeschlagen.

Die Funktionseinheit Schraubverbindung besteht bekanntlich aus mindestens zwei Formteilen als Funktionselementen, die mittels Verschraubung verbunden sind. Je nach Ausgestaltung der Schraubverbindung sind Zusatzelemente wie Schraube, Mutter, Gewindeinsatz u.ä. erforderlich, die ebenfalls der Funktionseinheit Schraubverbindung zuzurechnen sind. Eventuelle weitere Elemente wie Unterlagscheiben, Dichtringe und dergleichen sind verbindungstechnisch nicht zwingend erforderlich und daher nicht Gegenstand der nachfolgenden Erörterungen.

Systematik unterstützt Konstruktionsprozess

Angesichts der Vielfalt an möglichen Formen von Schraubverbindungen erweist sich die Verwendung einer Systematik zur Schaffung von Übersicht und Ordnung als hilfreich. Sie gestattet die logisch-abstrakte Durchdringung der Funktionseinheit Schraubverbindung und bildet damit die Grundlage für die systematische Konzipierung von Lösungsmöglichkeiten anhand bewusst eingesetzter Wirkprinzipien sowie die funktionsgerechte konstruktive Ausgestaltung der gewählten Lösung. Eine geeignete Systematik ist somit unabdingbare Voraussetzung für den Aufbau von Konstruktionskatalogen als Instrument rech-

nerunterstützter Konstruktionsprozesse [1].

Schraubverbindungen werden üblicherweise durch die Merkmale fest, lösbar oder allenfalls bedingt lösbar, translatorisch kraftschlüssig und rotatorisch formschlüssig charakterisiert [2]. Bei Kunststoffanwendungen ist die Werkstoffpaarung in den meisten Fällen heterogen, sie kann aber auch homogen sein. Das Wirkprinzip beruht auf der Haftreibung mit Selbsthemmung zwischen ineinandergreifenden Gewindekonturen an den entsprechenden Funktionselementen (Formteile oder geeignete Zusatzelemente).

In der Vergangenheit sind Schraubverbindungen für Kunststoffkonstruktionen vorwiegend nach der Art der Gewindeerzeugung [3] sys-

tematisiert worden. Auch wurden etwa die Gewindeformen als Ordnungsprinzip für eine Systematik der ganzen Schraubverbindung herangezogen. Beim Konzipieren einer Konstruktionslösung steht jedoch die Erfüllung einer vorgegebenen Funktion mit Verwendung geeigneter Wirkprinzipien im Vordergrund. Funktion und Wirkprinzip sind wesentlich mitbestimmend für die Geometrie der Formteile. Dies gilt auch für die Funktionseinheit Schraubverbindung, bei denen die Kraftübertragung zwischen den Funktionselementen die entscheidende Funktion darstellt.

Kraftfluss ist entscheidend

Bei Kunststoffkonstruktionen erweist sich in dieser Kraftübertragung

Prof. Dipl. Ing. Johannes Kunz, Professor für Technische Mechanik und Kunststoffkonstruktion an der Hochschule Rapperswil, Dozent für Berechnen und Gestalten von Kunststoffteilen im NDS Kunststofftechnik an der FH Aargau.

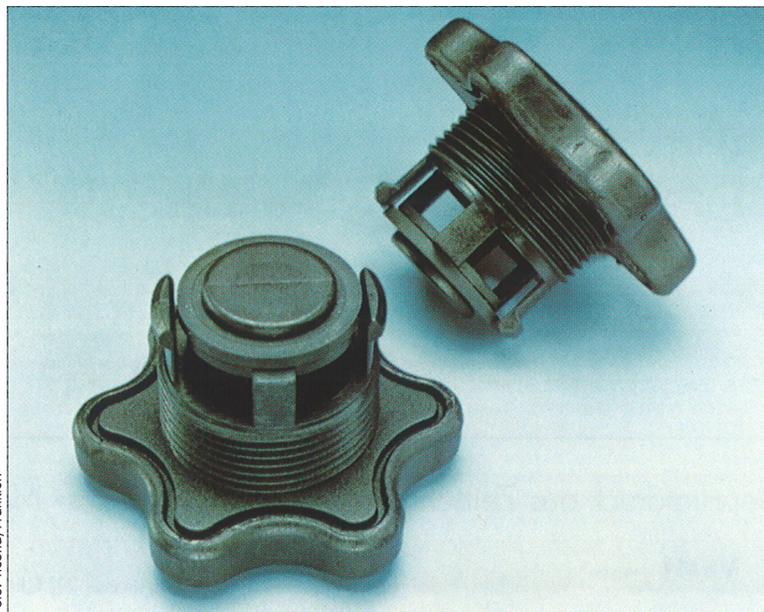


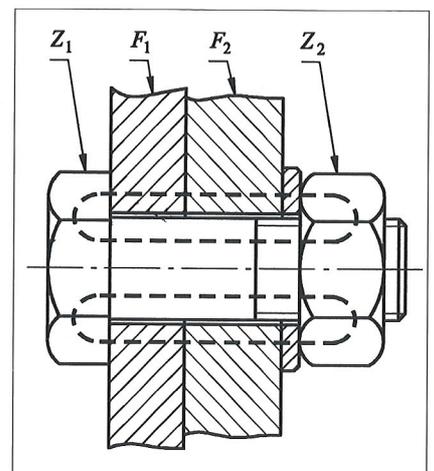
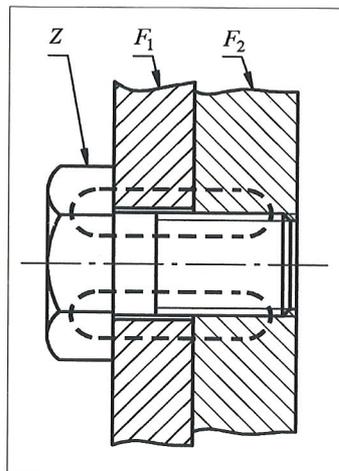
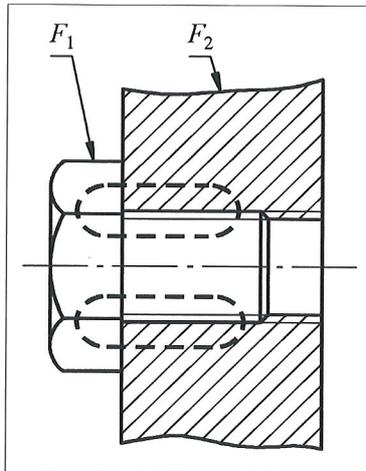
Foto: Ticono, Frankfurt

Abb. 1: Direkte Schraubverbindung: Spritzgegossener Schraubdeckel mit integriertem Luftkammerventil für Schlauchboote.

Grafiken 1–3: Direkter Kraftfluss an Schraubverbindungen: F_1 , F_2 mit Gewinde.

Semidirekter Kraftfluss an Schraubverbindungen: F_1 ohne Gewinde, F_2 , Z mit Gewinde.

Indirekter Kraftfluss an Schraubverbindungen: F_1 , F_2 ohne Gewinde, Z_1 , Z_2 mit Gewinde.



der Kraftfluss über das Gewinde häufig als begrenzende Größe. So ist es gerade für Kunststoffkonstruktionen naheliegend und empfehlenswert, den Kraftfluss für die Systematik der Schraubverbindungen heranzuziehen. Seine Art entscheidet über die Anzahl und die Geometrie der Funktionselemente, also auch der zu verbindenden Formteile.

Der Kraftfluss ist zwar streng physikalisch-mathematisch nicht erfassbar, er vermittelt aber eine anschauliche Vorstellung für die Kraftleitung in Bauteilen und Bauteilverbindungen. In der Konstruktionspraxis gilt die kraftflussgerechte Gestaltung als wichtiges Gestaltungsprinzip [4]. Nach dem Reaktionsprinzip muss der Kraftfluss stets geschlossen sein. Scharfe Umlenkungen des Kraftflusses und schroffe Änderungen der Kraftflussdichte äussern sich als Kerbwirkung in Form von beträchtlichen Spannungsüberhöhungen. Kleine Krafteinleitungsflächen führen zu hohen Spannungskonzentrationen. Beides wäre im Sinn der kraftflussgerechten Gestaltung möglichst zu vermeiden. Gerade in Gewinden und damit in Schraubverbindungen aber treten solche Spannungsüberhöhungen und -konzentrationen besonders stark auf. Der Kraftfluss prägt damit die konstruktive Ausgestaltung der Schraubverbindungen bis in die Einzelheiten in hohem Masse. Er kann speziell bei Kunststoffkonstruktionen zu unkonventionellen, innovativen Lösungsformen führen.

Wie direkt ist der Kraftfluss?

Werden zwei Formteile mittels direkt an ihnen angeformten Gewinden verschraubt, so wird der Kraftfluss unmittelbar vom einen Formteil zum andern geführt (Grafik 1). Die beiden Formteile F_1 und F_2 bil-

den als Fügepartner die Funktionseinheit Schraubverbindung. Zusatzelemente sind für die Realisierung der Schraubverbindung nicht erforderlich. Der Kraftfluss schliesst sich direkt innerhalb der beiden Formteile. Folgerichtig lässt sich daher ein

Foto: SFS, Heerbrugg

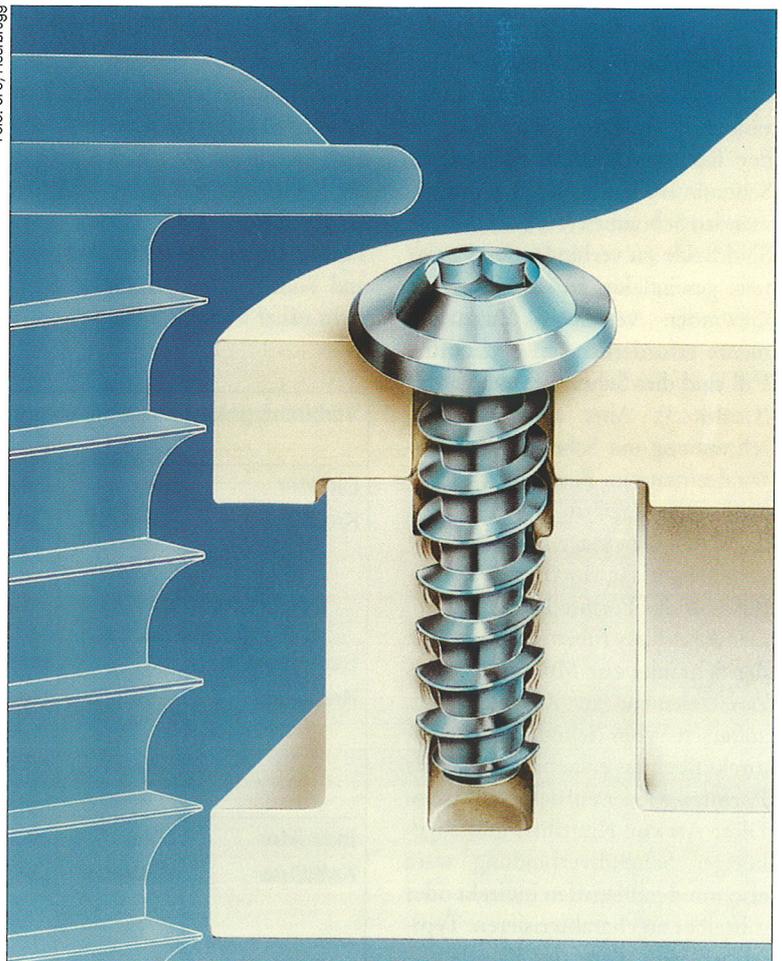


Abb. 2: Semidirekte Verschraubung mit selbstformenden Schrauben SFS Remform®

solcher Kraftfluss wie auch die betreffende Schraubverbindung als direkt oder unmittelbar bezeichnen. Bei Kunststoffkonstruktionen liegt diese Situation etwa bei Schraubverschlüssen von Behältern, Flaschen usw., aber auch bei Verschlussmutter (Abb. 1) und dergleichen vor.

Anders ist die Situation, wenn ein gewindeloses Formteil mittels einer Schraube als Zusatzelement mit einem zweiten Formteil verbunden wird, welches ein Innengewinde für die Aufnahme der Schraube aufweist (Grafik 2). Dabei ist es unerheblich, ob dieses Gewinde schon vor dem Verschrauben bestanden hat oder gleichzeitig mit dem Schraubvorgang erzeugt wird. Der Kraftfluss verläuft nun direkt vom gewindebehafteten Formteil zum Zusatzelement Schraube, um sich indirekt über das gewindelose Formteil und den Schraubenkopf zu schliessen. Sinngemäß kann ein solcher Kraftfluss wie auch die betreffende Schraubverbindung als semidirekt oder halbmittelbar bezeichnet werden. Nach diesem Prinzip funktionieren beispielsweise die in der Kunststofftechnik verbreiteten Schraubverbindungen mit selbstformenden Schrauben (Abb. 2).

Sind beide zu verbindenden Formteile gewindelös, so sind zwei mit Gewinden versehene Zusatzelemente erforderlich, im einfachsten Fall sind dies Schraube und Mutter (Grafik 3). Aber auch die Verschraubung mit Schraube und Gewindeeinsatz im Formteil ist streng genommen dazu zu rechnen, stellt doch der Gewindeeinsatz ein Zusatzelement dar, von dem der Kraftfluss auf das Formteil geleitet wird. Der Kraftfluss führt einerseits von der Schraube zur Mutter, also von Zusatzelement zu Zusatzelement, andererseits vom Schraubenkopf indirekt über das erste und das zweite Formteil wieder zurück zur Mutter. Diese Art von Kraftfluss und zugehöriger Schraubverbindung wäre also mit den Begriffen indirekt oder mittelbar zu charakterisieren. Typische Beispiele aus der Kunststoffpraxis sind Gewindeeinsätze aus metallischen oder polymeren Werk-

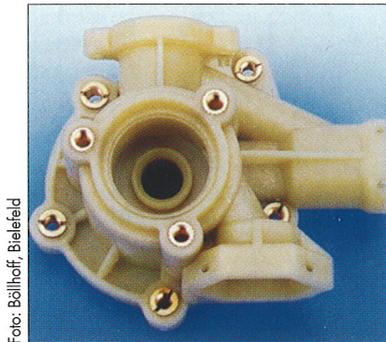


Foto: Bellhoff, Bielefeld

stoffen (Abb. 3) oder die Verwendung von Schraubclips (Abb. 4) für die Verbindung gewindelöser Formteile mittels selbstformender Schrauben.

Einfach und einleuchtend

Mit der Unterscheidung der Kraftfluss-Arten entsteht eine ebenso einfache wie einleuchtende Systematik (Tabelle), mit der im Konstruktionsprozess die Konzipierung und Ausgestaltung von Schraubverbindungen, speziell bei Kunststoffkonstruktionen, angegangen werden kann. Diese Systematik lässt sich im Bedarfsfall aufgrund weiterer Merkmale verfeinern, so z.B. mit der Art der Gewindeerzeugung. Solche Möglichkeiten sind jedoch nicht Thema des vorliegenden Aufsatzes und sollen daher an dieser Stelle nicht näher betrachtet werden.

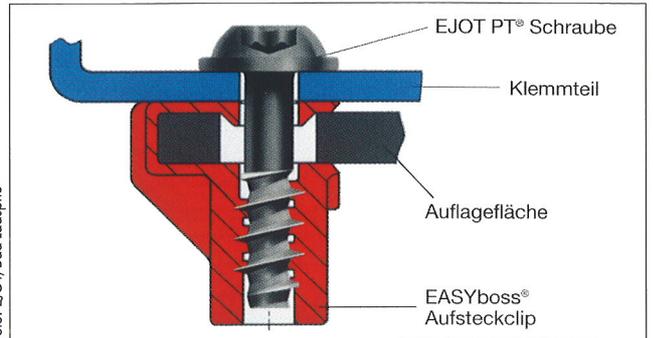


Foto: EJOT, Bad Laasphe

Literatur

- [1] Schmitz, J., Wegener, W.: Methodisches Erarbeiten von Lösungskonzepten. In: Michaeli, W. (Hrsg.) et al.: Kunststoff-Bauteile werkstoffgerecht konstruieren. Hanser Verlag, München 1995.
- [2] Kunz, J.: Füge- und Verbindungstechniken. In: Kunz, J., Michaeli, W., Herrlich, N., Land, W. (Hrsg.): Kunststoffpraxis: Konstruktion. Weka Fachverlag für technische Führungskräfte, Augsburg, Aktualisierungsstand April 2001.
- [3] Erhard, G.: Konstruieren mit Kunststoffen. 2. Aufl. Hanser Verlag, München 1999.
- [4] Pahl, G., Beitz, W.: Konstruktionslehre. 4. Aufl., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1997.

Abb. 3: Indirekte Schraubverbindung mit Gewindeeinsätzen Hitsert®2 und Spredsert® in Pumpengehäuse (oben links).

Abb. 4: Indirekte Schraubverbindung mit Aufsteckclip EASYboss®, mit selbstformender Schraube EJOTPT® als Zusatzelementen.

Verbindungsart	Funktionselemente		Zusatzelemente		Anwendungsbeispiele
	F ₁	F ₂	Z ₁	Z ₂	
Direkter Kraftfluss	mit Gewinde	mit Gewinde	nicht vorhanden	nicht vorhanden	Schraubverbindungen zwischen - Deckeln und Behältern, Flaschen usw. - Verschlussmuttern und Stützen
Semidirekter Kraftfluss	mit Gewinde	ohne Gewinde	mit Gewinde	nicht vorhanden	Schraubverbindungen mit - selbstformenden Schrauben in gewindelosen Bohrungen - Schraubmuffen an Rohrleitungen
Indirekter Kraftfluss	ohne Gewinde	ohne Gewinde	mit Gewinde	mit Gewinde	Schraubverbindungen mit - Gewindeeinsätzen - Clipsen für selbstformende Schrauben - Schrauben und Muttern

Tabelle: Systematik der Schraubverbindungen an Kunststoffkonstruktionen auf Basis des Kraftflusses.