

Statische und versuchstechnische Bewertung von Isolierflanschen

Flansche sind eine bewährte Verbindungstechnik für Hochdruckleitungen, die einer Erläuterung nicht bedarf. Einen Sonderfall stellen Isolierflansche dar, die neben den elektrischen Anforderungen hohe mechanische Belastungen für das Isoliermaterial bedeuten, da die Kräfte aus dem Rohrleitungssystem örtlich von einem Material übertragen werden müssen, dessen Festigkeitseigenschaften deutlich geringer sind als die des im Übrigen verwendeten Werkstoffes Stahl. Diese Beanspruchungen werden dann signifikant, wenn neben der Innendruckauslastung auch noch hohe Zug- und Biegebeanspruchungen im Rohrleitungssystem auftreten können. Dies ist insbesondere bei Anlagen im Gashochdruckbereich der Fall. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Isolierflansche für diese Fälle bemessen werden und wie die technisch richtige Auslegung im Zuge einer Abnahmeprüfung messtechnisch belegt werden kann.

DER ISOLIERFLANSCH ALS STANDARDBAUTEIL

Die Standardausführung eines Isolierflansches ist als technische Zeichnung (**Bild 1**) und mit der dazugehörigen Stückliste (**Bild 2**) charakterisiert. Die metallischen Werkstoffe und ihre Eigenschaften sind in Regelwerken ausreichend präzise definiert und auch mit den notwendigen Zertifikaten im Handel verfügbar. Isolierwerkstoffe sind in DIN EN 60893 spezifiziert und die Einhaltung der elektrischen Eigenschaften wird von den Herstellern garantiert. Die Herstellung dieser Werkstoffe erfolgt allerdings nicht nach den Regelwerken für

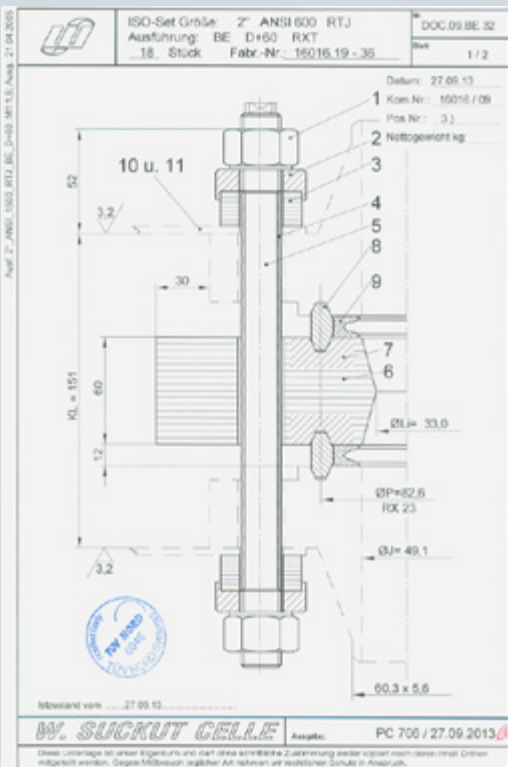
Druckbehälter oder druckführende Rohrleitungen und schon gar nicht bei Leitungsinhalten umweltgefährdender Stoffe.

Es muss also abhängig von den zu erwartenden Betriebsverhältnissen der geeignete Isolierwerkstoff ausgewählt werden. Dieser Werkstoff muss dann mit zusätzlichen Prüfungen in Bezug auf die mechanische Festigkeit, die Gasdichtheit und die Beständigkeit gegen das Leitungsmedium geprüft werden.

Damit müssen in jedem Einzelfall die Werkstoffkennwerte des Isolierwerkstoffes geprüft und festgelegt werden.

Weil die Isolierwerkstoffe deutlich niedrigere Festigkeitswerte haben als die metallischen Werkstoffe und es sich dabei um Duroplaste handelt, müssen bei der Konstruktion und Berechnung auch höhere Sicherheitsfaktoren angesetzt werden. Ab bestimmten Druckbeanspruchungen oder äußeren mechanischen Kräften ist es unerlässlich, den Isolierwerkstoff ausreichend zu armieren. Beim Einsatz metallischer Dichtungen ist diese metallische Armierung, die in Bild 1 aufgezeigt ist, schon wegen des Einsatzes der metallischen Dichtungen erforderlich. Neben der Gasdichtheit entsteht hier ein mechanischer Kraftschluss zwischen Isolierflanschbauteil und den Flanschblättern, der dazu führt, dass die auf den Isolierflansch wirkenden Innendruckkräfte in die Flanschblätter abgeleitet werden.

In überwachungsbedürftigen Anlagen, wo Teile mindestens mit einem Abnahmeprüfzeug-



Pos.	Stück/Benennung	Werkstoff	Normblatt	EN 10204 Nachweis	Bemerk.
1	10 Muttern, 1/2" UNC	ASTM A194 verzinkt	ANSI B18.2.2.3H	3.1	LE 2H
2	10 Stahl-U-Scheiben	Stahl verzinkt	09 ET 33	-	-
3	10 ISO-U-Scheiben	PF CC 203	EN EN 60803	-	-
4	6 Sitzensicherung	GFK 2mm	-	-	-
5	8 Schraubenbolzen, 1/2" UNC	ASTM A193 B7, verzinkt	09 ET 78	3.2	Blig B7
6	1 ISO-Flansch (D40 J=49,10 Li=33,00)	HOW PF CC	EN EN 60803 CH 7	3.1	180°C
7	2 Armierungsringe für RX 23	C-Stahl P355 GH1	GH T12221	3.1	80H
8	2 Dichtringe RX 23	soft von D-4	API 581 6A CH 07111915	3.1	Ke
9	2 Füllringe für RX 23	PTFE	ET	-	-
10,0	2 Kabelröschchen Ausführung A	1.4541	ET 45	-	-
10,1	2 Zahnscheiben A 23	A 2	DN 6707	-	-
11,0	1 EK-Funkelstrecke mit Kabel 2x2m lg. Muttern u. Sobr. VA	Fabr. DEHS Type: ExFS 100 KU	PTB ZELM	ATEX E 059	EXUM

Bild 1: Prinzipskizze Isolierset

Bild 2: Stückliste Isolierset

nis (APZ) 3.1 oder auch mit einem APZ 3.2 geliefert werden müssen, ist natürlich zur Identifikation der Teile eine zuverlässige und dauerhafte Kennzeichnung (z. B. durch Brennstempel) mit Angabe von Hersteller, Fabriknummer, DN und DP erforderlich. Diese Kennzeichnung ist zwingend erforderlich für die Zuordnung der Qualitätsnachweise der verwendeten Werkstoffe.

Eine weitere Voraussetzung für die einwandfreie Funktion der Isoliersets ist die Isolation der Schraubenbolzen. Die Abmessungen dieser Bolzen müssen der Flanschnorm entsprechen und sie müssen in erforderlicher Länge eine druckfeste Isolierung besitzen, so dass durch auftretende Lochleibungsdrücke keine Kurzschlüsse entstehen. Weiterhin muss eine zuverlässige elektrische Trennung von Schraubenkopf und Mutter zur Auflagefläche gewährleistet sein. Dabei ist zu beachten, dass der Isolierwerkstoff das schwächste Glied für die Bolzenkraft ist. Es ist daher erforderlich, die auf dem Flanschblatt verfügbare Auflagefläche maximal für den Durchmesser der Iso-U-Scheiben zu nutzen. Um die zulässige Flächenpressung einzuhalten, muss die Auflagekraft der Mutter über Sonderanfertigung von Stahl-U-Scheiben unbedingt gleichmäßig auf die verfügbare Fläche verteilt werden.

Mit den heute verfügbaren Materialien ist es problemlos möglich, Iso-Sets für Leitungsdurchmesser von 44" und Druckstufen von 100 bar herzustellen. Betriebsdrücke von bis zu 500 bar können mithilfe von Sonderkonstruktionen aufgenommen werden. Gegenüber Isolierkupplungen haben die Flansche den Vorteil, dass sowohl die elektrischen als auch die mechanischen Eigenschaften jederzeit überprüft werden können. Isolierflansche eignen sich zwar nur in Sonderanfertigung für den unterirdischen Einbau, da gehören Isolierbauteile in aller Regel jedoch auch nicht hin, da dann ein Restleitungsstück ohne kathodischen Korrosionsschutz im Boden liegt.

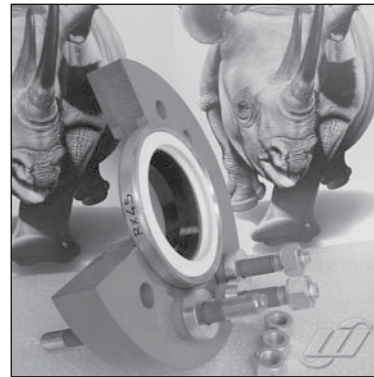
BERECHNUNG DER SYSTEME

Mit DIN EN 1591 steht ein umfangreiches Normenwerk zur Verfügung, das die Berechnung von Flanschverbindungen gestattet. Sie folgt allerdings dem Trend neuerer Normen, dass ein sehr umfangreiches Formelwerk aufgezeigt wird, in das Kenngrößen und Eingangsparameter eingesetzt werden müssen, die sich nicht unbedingt schlüssig aus den Vorgaben und Parametern des zu berechnenden Falles ergeben. Eine händische Umsetzung der Berechnungsverfahren ist unmöglich und mit der Durchführung der Berechnung sollten nur diesbezüglich erfahrene Ingenieure beauftragt werden. Eine Alternative, die sich insbesondere in Einzelfällen empfiehlt, die durch hohe Belastungen oder außergewöhnliche Abmessungen charakterisiert sind, ist die Anwendung einer FEM-Berechnung, in die sämtliche Bauteile mit ihren Kennwerten eingegeben werden können. Wegen der – im Gegensatz zum Stahl – relativ weichen Isolierwerkstoffe müssen diese Berechnungen allerdings physikalisch und geometrisch nicht linear durchgeführt werden und die Anwendung des Superpositionsgesetzes ist ausgeschlossen. Damit muss die Berechnung für jede Kombination von Druck, Zugkräften und Biegemomenten gesondert erstellt werden.



INGENIEURBAU FÜR VERFAHRENSTECHNIK

Mitglied im NACE, DVGW, VDI



ISO-Flansche für den KKS

- bis PN 500 für Flansche API 10000
- auch Einzelteile für die Nachrüstung
- Bolzenisolierung 2 mm, Glasflies und Kunstharz gewickelt
- Spezialkonstruktionen für alle Dichtflächen
- Fachbetrieb nach § 19 I WHG
- Zertifiziert nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG

Ingenieurbau für | Itagstraße 20 | Telefon: 051 41/2 11 25
 Verfahrenstechnik | 29221 Celle | Telefax: 051 41/2 88 75
 e-mail: info@suckut-vdi.de | www.suckut-vdi.de

Aussteller auf der IRO in Oldenburg 6. bis 7. Februar 2014, Stand 2. OG-V-12

Dieser Aufwand legt es nahe, die Berechnung auf wenige Parameterkombinationen zu beschränken und die Rechengenergebnisse durch eine messtechnische Überwachung während der Abnahmeprüfung zu verifizieren.

VERSUCHSTECHNISCHE VERIFIZIERUNG DER BERECHNUNG

Iso-Sets, die für Gashochdrucksysteme geliefert werden, werden grundsätzlich einer APZ (siehe oben) unterzogen. Der Prüfdruck beträgt dabei das 1,5-fache des Design-Pressure (DP) der Rohrleitung. Im Zuge dieser Prüfung werden die Dichtheit des Systems und die elektrische Isolierung nachgewiesen. Als Stahlbauteile kommen dabei Blindflansche (**Bild 3**) oder Flansche mit Klöpperböden zum Einsatz.

Die Verifizierung der Berechnung des Iso-Sets lässt sich sehr einfach mithilfe von Deh-



Bild 3: Prüfling mit Blindflanschen



Bild 4: Dehnungsmessstreifen auf Isolierstück

nungsmessstreifen durchführen. Wie in **Bild 4** aufgezeigt, werden diese Dehnungsmessstreifen als Halbbrücken in Umfangsrichtung des Isolierwerkstoffes aufgebracht und der Aufbau der Umfangsspannungen in Abhängigkeit von den aufgetragenen Druckstufen ermittelt. Eine Temperaturkompensation kann wegen der kurzen Versuchsdauer unterbleiben.

Die Durchführung der Versuche während mehrerer Abnahmeprüfungen hat Spannungen in Umfangsrichtung in der Größenordnung von bis zu 5 N/mm² ergeben. Das sind vernachlässigbare Werte, die das rechnerische Ergebnis bestätigen, dass die auf den Isolierwerkstoff wirkenden Innendruckkräfte über den Kraftschluss zwischen Flansch/Dichtung/Armierung auf den Stahlflansch übertragen werden und somit für den Isolierwerkstoff eine signifikante statische Belastung als Ringtragwerk nicht existiert.

Der direkt auf den Isolierwerkstoff wirkende Innendruck in der Größenordnung von 100 bar (10 N/mm²) stellt ebenfalls kein Problem dar, da die Isolierwerkstoffe nach DIN EN 60893 Druckfestigkeiten von mehr als 100 N/mm² aufweisen und somit hier eine üppige Sicherheit besteht. In einem Sonderfall hatte der Hersteller Suckut Isolierflansche der Größe 2", 16" und 24" zu liefern, die einer Druckstufe 100 bar ausgesetzt waren und bei denen nicht ausgeschlossen werden konnte, dass sie hohen zusätzlichen Zug- und Biegekräften aus der Gesamtanlage ausgesetzt sein würden. In Abstimmung mit der Prüforganisation wurde festgelegt, jeden der zu liefernden Flansche einer Druckprüfung von 240 bar, also dem Mehrfachen des späteren Betriebsdruckes, auszusetzen,

um mit diesem hohen Aufschlag die Zusatzkräfte zu simulieren. Für die Prüfung der Flansche und Isolierbolzen stellt ein solcher Versuch eine realistische Belastung dar. Für das Isoliermaterial entsteht eine sehr hohe Radialspannung, die im späteren Betrieb nicht denkbar ist. Deshalb war es hier sinnvoll, diese Sonderprüfung ebenfalls mit der Überwachung durch Dehnungsmessstreifen zu begleiten. Auch hier ergaben sich Spannungswerte, die die o. a. Größenordnung von 5 N/mm² nicht überschritten haben und auch in diesem Falle wurde der Kraftschluss komplett über die Dichtung und die Armierung des Isolierwerkstoffes sichergestellt.

Sämtliche Bauteile wurden vom Auftraggeber abgenommen.

AUSBLICK

Die aufgezeigten Ergebnisse bestätigen die Erfahrung, dass Flansche und Isolierflansche eine sichere statische Verbindung sind, die auch sehr hohen Zusatzlasten standhalten. Es ist allerdings unbefriedigend, dass über die in komplexen Anlagen wirklich auftretenden Kräfte wenige Erfahrungen vorliegen. Die Berechnungen der Anlagenplaner beachten im Allgemeinen nur wenige Parameter und die wirkliche Beanspruchung aus der Kombination beliebiger Lastfälle wird im Allgemeinen nicht erfasst. Es ist deshalb erstrebenswert, über einen längeren Zeitraum charakteristische Anlagen bezüglich der an den Iso-Flanschen auftretenden Kräfte zu überwachen, um hier eine Größenordnung der wirklichen Lastfälle zu erkennen. Eine solche Durchführung ist umso leichter, da mit der messtechnischen Überwachung durch Dehnungsmessstreifen ein sehr einfaches und sehr robustes und preisgünstiges Messverfahren zur Verfügung steht.

AUTOREN



M.Sc. Chem. **CLAUDIA SUCKUT**
Suckut VDI, Celle
Tel. +49 5141 211-25
E-Mail: info@suckut-vdi.de



DR. MANFRED VEENKER
Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH,
Hannover
Tel. 49 511 284 99-11
E-Mail: manfred.veenker@veenker-gmbh.de