

# Qualitätssicherungsmaßnahmen im Verbundanlagenbau setzen Maßstäbe und bringen Vorteile

Edgar Holzhäuser, Altenstadt

*In der Kältetechnik wird es immer mehr notwendig, in der Installation auf vorgefertigte Systeme wie z. B. Kälteaggregate, Verbundanlagen oder komplette Systemlösungen mit integrierten Kältemittelsammlern, Schaltschränken und Regelelektronik zu setzen.*

Grund hierfür sind unter anderem immer kürzer werdende Montagetermine bzw. zur Verfügung stehende Montagezeiten. Man erkennt aber auch den Nutzen von möglichst weit vorgefertigten Anlagen, da diese aufgrund ihrer Werksmontage mit modernsten, auf der Baustelle nicht möglichen Produktionsmethoden verwirklicht werden können und Kälteanlagenbauer sowie Betreibern eine langlebige Anlage versprechen.

Wie kann man diese in einer industriellen Produktion mögliche Qualität sichern? Hierzu müssen zuerst einmal die Qualitätskriterien festgelegt werden. Diese sind meines Erachtens

- eine dichte, möglichst weit hermetisierte Anlage,
- keine Verdrahtungsfehler, das heißt umfangreiche Tests der eingebauten Schaltschränkelemente und Regelelektronik,
- keine Abrisse nach Inbetriebnahme aufgrund unkontrollierter Schwingungen,
- alle wichtigen Details wie Seriennummern der eingebauten Komponenten usw. auch nach Jahren nachvollziehbar,
- Anlagen gemäß den gesetzlichen Vorschriften wie z. B. CE-, TÜV-, VDE- Konformität.

Aufgrund dieser Ausgangslage und der Erkenntnis, daß viele Anlagenstörungen während oder kurz nach der Inbetriebnahme aufgetreten sind, hat sich der Verbundanlagenbauer TEKO eine umfangreiche Qualitätskontrolle mit den vorbeschriebenen Kriterien zur Aufgabe gesetzt.

Da aus Erfahrung bekannt ist, daß die von vielen – auch von TEKO – bis Anfang des letzten Jahres praktizierte Druckstandsprobe (Abkleben des Prüfmanometers mittels Klebeband) keine verbindliche Aussage auf den Dichtheitsgrad einer Anlage zuläßt, wurde dieses Kriterium geändert.



*Abkleben des Prüfmanometers mittels Klebeband läßt keine verbindliche Aussage auf den Dichtheitsgrad einer Kälteanlage zu*

## zum Autor

**Dipl.-Ing.  
Edgar  
Holzhäuser,**  
Technischer  
Leiter bei  
TEKO GmbH,  
Altenstadt



Ein weiterer Erfahrungswert ist, daß Anlagen bei einer Druckstandsprobe von z. B. 20 bar als dicht betrachtet werden – jedoch unmittelbar nach Inbetriebnahmen durch das Auftreten von Schwingungen und Wärmeeinwirkung auf Fügestellen Undichtigkeiten auftreten. Grund hierfür sind z. B. Flußmitteleinschlüsse oder auch kalte Lötstellen, welche sich erst im „Echtbetrieb“ bemerkbar machen.

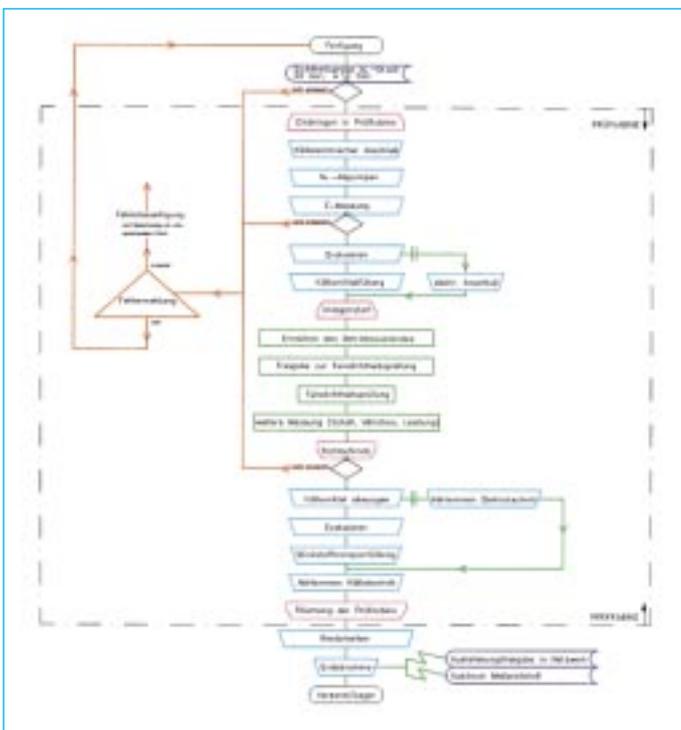
Ergebnis der bei TEKO eingeleiteten Qualitätsmaßnahmen im Verbundbau ist das Test- und Prüfzentrum in Altenstadt, welches seit Mai 1999 in Betrieb ist. Hier unterliegt jede Verbundanlage einem genauen definierten Testablauf einschließlich kältetechnischem Probelauf.

Verbundanlagen-  
Test- und Prüf-  
zentrum bei der Firma  
TEKO in Altenstadt



Prüfablauf des Anla-  
gentests bei TEKO

Überdruckprüfung mit getrocknetem Stickstoff  
bei ca. 20 bar

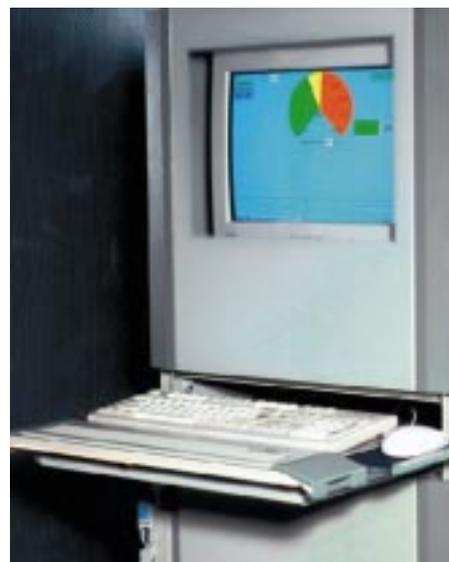


### Testablauf im Verbundanlagenbau

Der bei der Firma TEKO bei jeder Verbundanlage durchgeführte umfangreiche Testablauf ist in verschiedenen Hauptschritten festgelegt und wird wie folgt durchgeführt:

### Druckstandsprobe

Grundlage der Druckstandsprobe ist eine Überdruckprüfung mit getrocknetem Stickstoff bei ca. 20 bar. Dieser Druck steht für ca. 12 Stunden im Prüfling an. Während dieser Zeit wird über einen Druckaufnehmer der tatsächliche Druck in der Anlage aufgenommen. Parallel hierzu wird die Umgebungstemperatur mitgeschrieben. Beide Werte werden mittels Datenleitung an einen zentralen Computer übertragen und gemäß der Gasgleichung von Guy-Lussac ins Verhältnis gesetzt. Das Ergebnis muß konstant bleiben – in diesem Falle ist die Anlage „grob dicht“.



Ergebnisermittlung durch Computer  
gemäß Gasgleichung von Gay-Lussac

Ermöglicht wurde die visuelle Darstellung und die Dokumentation der Druckprüfung durch eine von der Firma Wurm, Remscheid, speziell hierfür geschriebene Software.

### Funktionsprüfung und Verdichterlauftest

Hierzu wird der fertiggestellte Verbund bereits in der Produktion mit wiederverwendbaren Schnellverschlüssen versehen.



Vorbereitung des Verdichterlauftests mittels wiederverwendbaren Schnellverschlüssen

Die Prüfkammer ist vorbereitet mit den entsprechenden Übergabestellen der Druck- und Saugleitung. Im Hintergrund wirkt ein Kältesystem, das bis zu 200 kW Kälteleistung „abfahren“ kann. Die Kälteleistung und Kondensatorleistung werden in einem gemeinsamen Solebehälter sozusagen gegeneinander kompensiert. Das überschüssige Wärmeäquivalent wird über einen Rückkühler an die Umgebung übertragen.

Durch den Einbau von stetigen Regelorganen kann innerhalb kürzester Zeit ein Beharrungszustand erreicht werden.

Nach der kältetechnischen Montage des Verbundsatzes in der Testkammer wird als erstes der zur Druckprüfung verwendete Stickstoff in einen hierfür vorgesehenen Behälter entlassen, dieses wird als Formiergas der Lötanlage zur Verfügung gestellt.



Kälte- und Kondensatorleistung werden in einem gemeinsamen Solebehälter gegeneinander kompensiert

Als nächster Schritt wird die Anlage evakuiert und mit Kältemittel befüllt sowie elektrisch mit Schnellverschlüssen angeschlossen.

Daraufhin wird die Anlage in Betrieb gesetzt. Der ganze vorbeschriebene Ab-

lauf wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Wurm-Systeme teilautomatisiert. Hierzu wurde auf Basis des Regelsystems FRIGOLINK® eine komplexe Software mit entsprechenden Hardwarezuordnungen realisiert, die es dem Prüfer ermöglichen, schnell und umfassend den Testablauf durchzuführen. Ebenfalls können über die Plattform FRIGOLINK® weitere Tests wie z. B. Leistungstests über Durchflußmesser, Tests der Stromaufnahme und der elektrischen Leistungsaufnahme umgesetzt werden.

### Unterschiedliche Prüfungen

Während der eigentlichen kältetechnischen Betriebsphase werden 3 verschiedene Prüfungen vorgenommen:

#### A – Feindichtheitsprüfung

Wichtige Voraussetzung ist hierfür die Auswahl des richtigen Testgerätes. Hier hat man sich bei TEK0 für einen selektiven Gasdetektor entschieden, welcher Leckgeraten (R 404A) von bis zu 0,1 gr. pro Jahr ermitteln kann. Der allgemein geforderte Grenzwert von 5–10 gr./Jahr und Fugestelle wurde bei TEK0 mit max. 1 gr. pro Jahr und Fugestelle festgelegt. Sämtliche Fugestellen werden „abgeschnüffelt“ – und die Prüfung wird dokumentiert.



Der halbautomatische Testablauf wird mit einer komplexen Software auf der Basis des Wurm-Regelsystems FRIGOLINK® durchgeführt und ausgewertet



Ein selektiver Gasdetektor ermittelt Leckagequellen von max. 1 gr/Jahr und Fügestelle



Schwingungsverhalten einer Grundplatte im kältetechnischen Betrieb

*C – Vibrations-, Lautstärke-, Leistungs- und Elektrotests*

Selbstverständlich können bei einem 100prozentigen Lauftest offensichtliche Mängel wie z. B. Schwingungen sofort festgestellt werden und entsprechende konstruktive Abhilfemaßnahmen getroffen werden.

*B – Funktionstest*

Alle angebauten Komponenten, wie Druckschalter, Anlaufentlastung, Leistungsregulierung, Druckaufnehmer, Zusatzlüfter, Sitz der Sicherungen usw., werden durch den Prüfer einer Funktionskontrolle unterzogen. So wird jeder Druckschalter, jedes Magnetventil nicht nur elektrisch, sondern auch auf kältetechnische Funktion hin überprüft.

Gerade hier können durch Vorbeugung ärgerliche Folgekosten vermieden werden.



Durchführung eines Schutzleitertests

*Jede angebaute elektrische Komponente wird durch den Prüfer einer Funktionskontrolle unterzogen*



Ebenfalls eignet sich die Testkabine, welche mit einer schallisolierenden Auskleidung versehen ist, zu Schalleistungsmessungen, die durch ein spezielles Prüfgerät durchgeführt werden. Dieses Prüfgerät wird auch zur Schwingungs- und Vibrationsmessung eingesetzt.

Bei Anlagen mit montiertem Schaltschrank wird der vorgeschriebene Schutzleitertest durchgeführt und es kann gegebenenfalls ein Hochspannungstest vorgenommen werden.

*D – Dokumentation*

Sämtliche Tests werden dokumentiert und dem Prüfling durch Seriennummernverwaltung zugeordnet. So kann jederzeit

über die vorgenommenen Prüfungen Auskunft gegeben werden, sämtliche Informationen sind auch für den Servicefall abrufbar. Zu dieser Dokumentation gehört die Bereitstellung aller notwendigen Zertifikate wie TÜV-Bescheinigung, CE-Konformitätserklärung sowie eine aussagekräftige Montage- und Betriebsanleitung. Diese Unterlagen werden zum einen der Anlage beigelegt, zum anderen dem Kunden separat zugesandt, sind aber jederzeit noch zusätzlich abrufbar.

TEKO benutzt die hier dargestellten Testmöglichkeiten auch zur permanenten Weiterentwicklung ihrer Produkte. In jede Neuanlage und/oder Neuentwicklung fließen somit die jeweils erzielten Detailverbesserungen mit ein. So kann bereits im Prototypstadium eine Anlage optimiert werden.

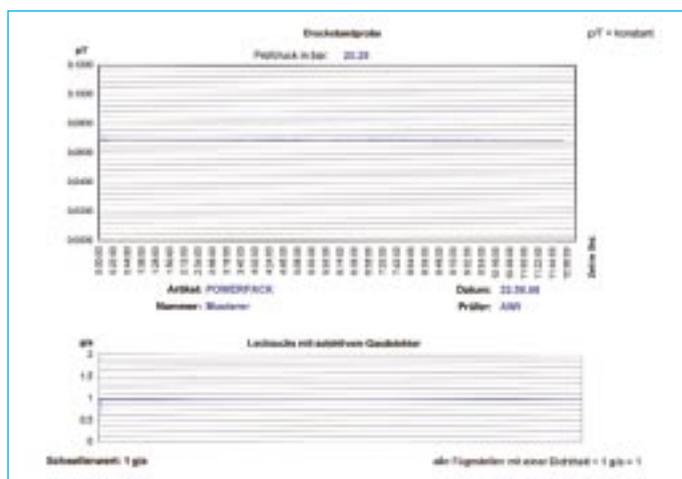
Ständig wachsende Anforderungen des Marktes nach konkreten Daten wie Lautstärkeangaben, schwingungstechnische Hintergründe, Leistungsdaten usw. sind

mit dem eingesetzten Testequipment jetzt nicht nur belegbar, sondern es können dem Kunden echte Daten seiner Anlage zur Verfügung gestellt werden, die der Installationsfirma und dem Betreiber einen entsprechenden Nutzen bringen.

Diese komplexen Testmethoden dürfen jedoch den Hersteller von Verbundanlagensystemen nicht unflexibel werden lassen – es muß natürlich noch der sprichwörtliche „Verbund in der Nische“ weiterhin möglich sein, aber auch dieser wird gemäß dem vorbeschriebenen Ablauf komplett geprüft und optimiert ausgeliefert.

Nachdem in der Zwischenzeit mehr als ein Jahr lang praktische Erfahrung mit den sehr ausgeprägten Prüfmethoden vorliegen, sind die ersten Ergebnisse auch statistisch belegbar. Von der Kostenseite her ein nicht zu unterschätzender Nebeneffekt: Die Garantierate der Powerpack-blue-line-Verbundanlagen-Systeme ist bei TEKÖ auf deutlich unter 0,5 % gesunken. □

*Druckstands- und Leckageprotokolle als Teil des Prüfprotokolls innerhalb der Dokumentation*



### Ausliefern der Anlage

Nach erfolgreichem Abschluß der Prüftätigkeiten wird das Kältemittel abgesaugt, die Anlage evakuiert und mit einer Stickstofftransportfüllung versehen. Parallel dazu werden ebenfalls die Elektroanschlüsse demontiert. Dann werden die kältetechnischen Schnellverschlüsse entfernt und notwendige Restarbeiten wie z. B. Isolierung der Saugleitungen durchgeführt. Daraufhin wird die Anlage ordentlich verpackt, es erfolgt danach die EDV-technische Freigabe, und die Anlage kann sodann zum erfolgreichen Betrieb ausgeliefert werden.



*Nach der EDV-technischen Freigabe kann die versandfertig verpackte Verbundanlage zur ihrer endgültigen Bestimmung ausgeliefert werden*