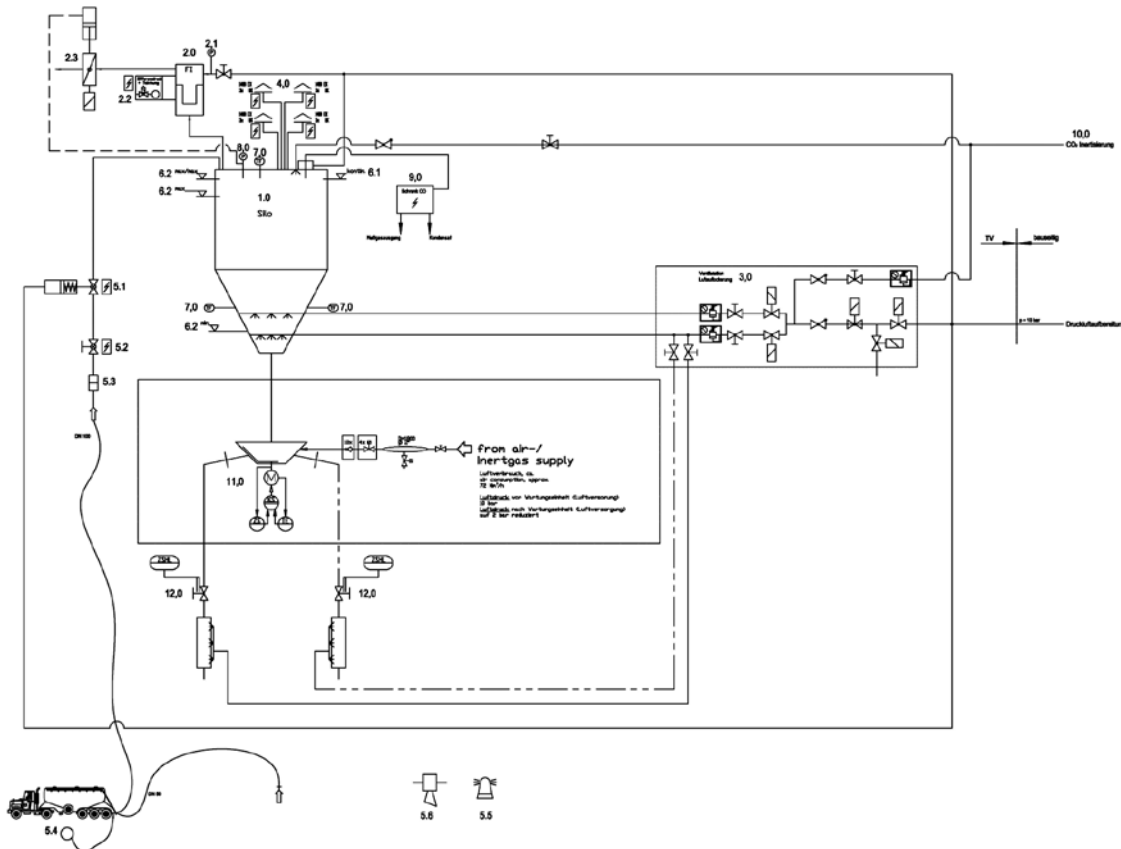


Explosion protection in coal or alternative fuel storage silos

Explosionsschutz in Siloanlagen für Kohle und alternative Brennstoffe

TEXT Dipl.-Ing. Robert Becker, Managing and Technical Director, robecco GmbH, Horhausen/Germany



1 Schematic diagram P&ID of a storage silo
Prinzipialschaltbild Lagersilo

To ensure the safety of burn processes in the industrial sector of heat gain or power supply the selection of varied fuels becomes more and more important. The usual storage and containment of such materials are within silos. When deciding on the storage type, consideration must be taken regarding the explosion protection of such equipment taking into account suitable regulation and control.

Dust explosions are serious and represent danger. The presence of combustible dust air mixtures in different areas of the plant give the potential for an explosion to occur and need to be avoided. Apart from constructive explosion protection equipment and pressure resistant construction methods in accordance with VDI guideline 3673, technical measuring and control equipment is necessary for the safe operation of a storage silo (Fig. 1). These are especially required for:

- » CO, CH₄ and O₂ analyser systems with certified measuring function
- » Temperature sensors

Zur Sicherstellung von Verbrennungsprozessen in der Industrie für die Wärmege-
winnung oder zur Energie-
versorgung wird die Auswahl
von Brennstoffen immer viel-
fältiger. Damit verbunden ist
die Lagerung des Materials
in geeigneten Behältern wie
Silos. Die Lagerung muss
jedoch unter Beachtung des
Explosionsschutzes erfolgen
und mit einer geeigneten Re-
gelung und Steuerung aus-
gestattet werden.

Staubexplosionen stel-
len nach wie vor eine ernst
zu nehmende Gefahr dar.
Das potentielle Vorhanden-
sein von explosionsfähigen
Staub-Luft-Gemischen in
verschiedenen Anlagenbe-
reichen ist daher zu vermei-
den. Neben konstruktiven Ex-
plosionsschutzeinrichtungen
und druckstoßfesten Bau-
weisen gemäß VDI Richtlinie
3673 sind mess- und steue-

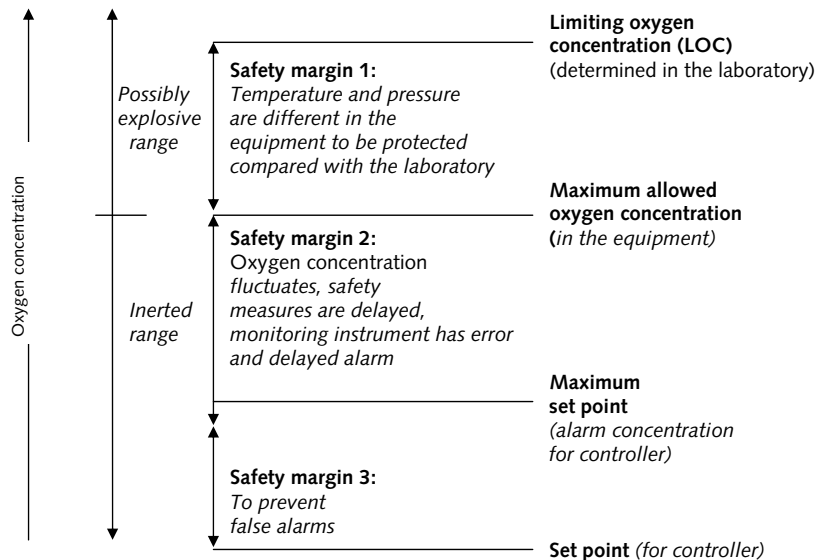
rungstechnische Einrichtungen zum sicheren Betrieb des
Silos notwendig (Bild 1). Hierzu gehören vor allem:

- » CO, CH₄ und O₂ Analyseeinrichtungen mit beschei-
nigter Messfunktion
- » Temperatursensoren
- » Kontinuierliche Füllstandsmessung
- » Füllstandsgrenzmeldungen
- » Drucksensoren
- » Abluftfilter mit Reingasklappe
- » Explosionsklappen mit Endschaltern
- » Absperreinrichtung am Siloauslauf

Zur Erkennung von Glimmbränden werden haupt-
sächlich CO- und CH₄-Messeinrichtungen eingesetzt.
Vernachlässigt wurden bislang Sauerstoffmesseinrich-
tungen, die den Inertisierungsvorgang überwachen und
sicherstellen. Gemäß den Richtlinien (z.B. TRBS 2152,
VDI 2263, CEN 15281) ist dies erforderlich, um Sauer-
stoffgrenzkonzentrationen im Gefahrenfall für ver-
schiedene Arten von Brennstoffen zu überwachen. Eine

- » Continuously level measurement
- » Level sensors
- » Pressure sensors
- » Filter with clean gas flap
- » Explosion doors with limit switches
- » Enclosure at the silo discharge system

The detection of smouldering fires will be carried out mainly with CO and CH₄ analyser systems. Historically, oxygen-measuring instruments were not used in practicable silo plants which supervise and guarantee the inerting procedure. According to the guidelines (e.g. TRBS 2152, VDI 2263, CEN 15281) it is necessary in dangerous situations to maintain and supervise the limiting oxygen concentration (LOC) for different fuels. One method for application of monitoring and control systems is shown in [Figure 2](#).



Source/Quelle: VDI

Electrical control problems for preventive explosion protection and process monitoring

The task is the installation of an automatic central control system that guarantees the inert atmosphere during chemical and physical processes. The function of operation, monitoring and control has to be carried out automatically or manually with a process computer or equivalent equipment. The following important equipment has to be implemented:

- » A: Gas analyser systems
- » B: Temperature sensors
- » C: Inerting systems
- » D: Valves and flaps

A: Gas analyser systems

The control unit (RSC – robeco secure center®) compares the signals of the gas analyser system (digital values and analog values) of the process with the given security concept. With help of the measured gas components necessary alarms will be generated to guarantee the inert atmosphere. Furthermore the operability of the gas analyser system is supervised. The following parameters are observed:

- » Temperature min. at sample probe
- » Function of pump
- » Function of nominal and actual values
- » Humidity of the sampled gas before analysing
- » Flow control of the complete gas sampling and conditioning system
- » Display of the current gas flow paths (at sequential measurement)
- » Auto calibration or manual calibration of the analyser system or the measuring instrument
- » Disturbances in the analyser
- » Obtaining of the max. value of the analyser
- » Obtaining of the max.-max. value of the analyser
- » Supervising of the analog measuring

B: Temperature sensors

The control unit (RSC) compares the signals of the temperature sensors (digital values and analog values) of the process with the given security concept. With the help of the measured gas components and temperatures

Methode zum Monitoring und Einsatz in elektrischen Steuerungen zeigt [Bild 2](#).

Elektrische Steuerungsaufgaben zum vorbeugenden Explosionsschutz und zur Anlagenüberwachung

Zu realisieren ist ein automatisches zentrales Regel- und Steuersystem, das die inerte Atmosphäre in chemischen und physikalischen Prozessen sicherstellt. Die Bedienung und Beobachtung muss automatisch oder manuell über einen Prozess-rechner oder gleichwertige Einrichtungen erfolgen. Dabei sind folgende Einrichtungen im Besonderen zu integrieren:

- » A: Gasanalyseysteme
- » B: Temperatursensoren
- » C: Inertierungsanlagen
- » D: Schieber und Klappen

A: Gasanalyseysteme

Die Steuerung (RSC) verarbeitet Signale des Gasanalyse-systems (digitale Werte und analoge Werte) und vergleicht diese mit dem vorgegebenen Sicherheitskonzept des Prozesses. Mit den gemessenen Gasbestandteilen werden erforderliche Alar-me zur Sicherstellung der inerten Atmosphäre erzeugt. Weiterhin wird die Funktionsfähigkeit des Gasanalyse-systems überwacht. Folgende Parameter werden betrachtet:

- » Minimaltemperatur an der Gasentnahmesonde
- » Funktion Gasentnahmepumpe
- » Funktion, Soll- und Istwerte des Gaskühlers
- » Feuchte des entnommenen Gases vor Analyse
- » Durchflussüberwachung des kompletten Gasentnahmesystems und Gasaufbereitung
- » Anzeige der aktuellen Gaswege (bei sequenzieller Messung)
- » Auto-Kalibrierung oder manuelle Kalibrierung des Analyse- oder Messgerätes
- » Störung am Analyse- oder Messgerät
- » Erreichen des digitalen Max-Wertes des Analyse- oder Messgerätes
- » Erreichen des digitalen Max-Max-Wertes des Analyse- oder Messgerätes
- » Überwachung des gesamten analogen Messverlaufs

2 Example: Oxygen concentration level observation

Beispiel: Überwachung Sauerstoffgrenzkonzentration

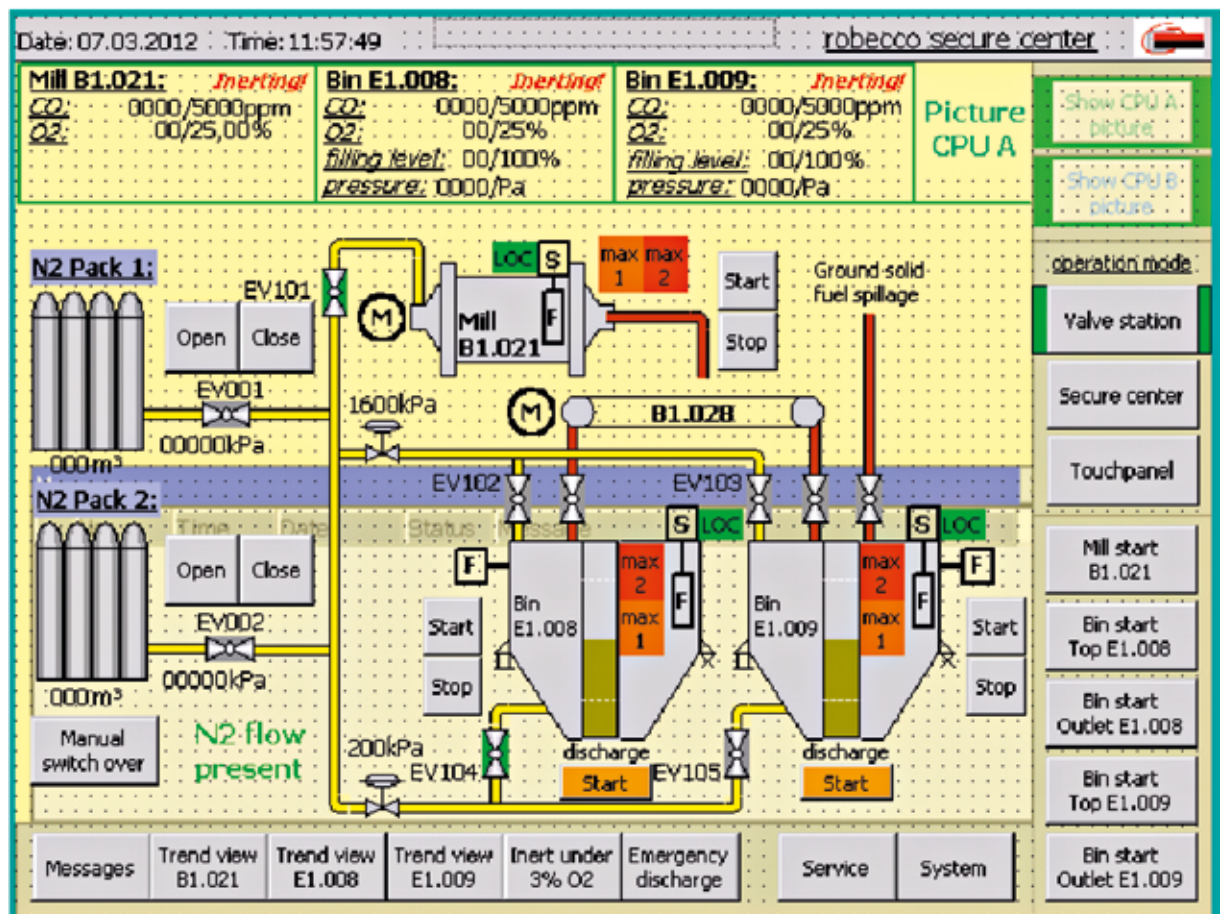
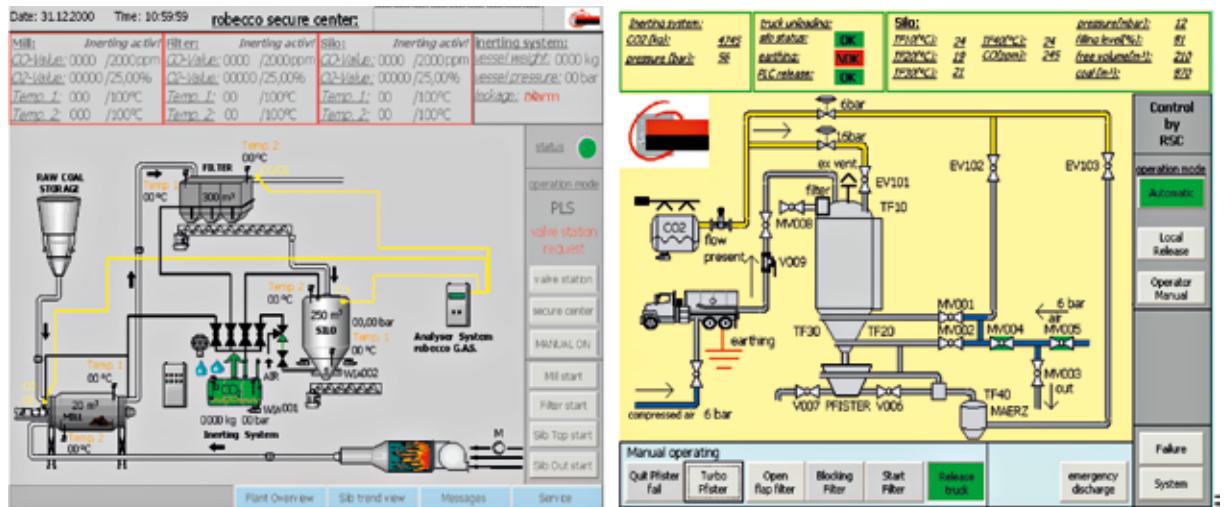
the controller generates special behaviour conditions, which are based on the limiting oxygen concentration (LOC), which is given by the explosion protection concept. If the temperature is changing in the system the LOC will be automatically adapted and the alarm values will be changed accordingly.

C: Inerting systems

With help of the generated signals of the gas analyser system and the temperature sensors the controlling (RSC) controls the inerting system. With alarms generated within certain aggregates range, valves of the inerting plant will be opened so that the necessary inert gas quantity will be dosed. After the inerting proc-

B: Temperatursensoren

Signale von Temperatursensoren (digitale Werte und analoge Werte) müssen verarbeitet und mit dem vorgegebenen Sicherheitskonzept des Prozesses verglichen werden. Mit den gemessenen Temperaturwerten werden erforderliche Alarmerzeugung zur Vermeidung von Explosionen und Bränden erzeugt. Mit Hilfe der gemessenen Gasbestandteile und Temperaturen muss in der Steuerung (RSC) ein spezielles Verhaltensmuster erzeugt werden, das auf der vom Explosionsschutzkonzept vorgegebenen Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) basiert. Ändert sich die Temperatur im System, so müssen die Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) automatisch angepasst und die Alarmwerte verändert werden.



3 Examples: Safe automatic controlling robeco secure center® (RSC)

Beispiele: Automatische Steuerung robeco secure center® (RSC)

ess the range valves will be automatically closed. The control unit observes the process and confirms a successful inerting process. If the process was not successful, the procedure will be repeated. Additionally, Robecco secure center supervises the inerting plant and examines the ready status. The following parameters are observed:

- » Storage gas (CO₂, N₂) min. und max. (weight or pressure, depending of the kind of gas)
- » Pressure minimum and maximum
- » Pressure analogue
- » Flow control of the inert gas out of the inerting system
- » Vessel heaters or pressure up heaters
- » Cooling unit (if necessary)
- » Range valves
- » Dosing of the gas volume for each range valve

C: Valves and flaps

The control unit (RSC; Fig. 3) has to send signals to the Central Control Room (CCR) of the process according to the safety concept to control valves and flaps. With this function the dangerous process will be closed against other process aggregates and explosive atmospheres will be blown out of the process.

Conclusions

The adjustment of the oxygen and carbon monoxide limit concentrations in relation to the process temperature is necessary. The evaluation of the measured values and an alignment with typical trial processes are guaranteed. This makes operating reactions possible, e.g. sealing of leakages or prevention of a further entry of oxygen into silos and aggregates.

A safe switching over of the silo plant from “automatic mode” to “manual mode” during process conditions, like test run, maintenance, revision to avoid accidents must be guaranteed.

Controls must be able to take over self-sufficient system functions in case of failure situations of master systems:

The monitoring of all system-relevant functions of the sensor system and the inerting plant with dosing station is necessary. An accurate inert gas dosing regarding effectiveness and environment must be considered. Maintaining the existing inert gas stock and the future procurement of storage must be considered.

The functionality of the components has to be supervised, relevant errors or failures must be signalled to alarms. The automatic determination of the maintenance intervals, the maintenance dates and maintenance work of individual components in dependence the actual working time and operating frequency guarantees operability and with this a safe and productive process.

www.robecco.de

C: Inertierungsanlagen

Die generierten Signale der Analysensysteme und der Temperatursensorik steuern die Inertierungsanlage an. Bei generierten Alarmen in bestimmten Anlagenteilen müssen an der Inertierungsanlage Bereichsventile geöffnet, die erforderliche Inertgasmenge dosiert, und nach erfolgter Inertisierung wieder geschlossen werden. Die Steuerung regelt den Prozess und bestätigt eine erfolgreiche Inertisierung. Bei nicht erfolgreicher Inertisierung wird der Vorgang wiederholt und die Dosierung angepasst. Zusätzlich hat die Steuerung eine Überwachungsfunktion für die Inertierungsanlage im Hinblick auf ihre Betriebsbereitschaft integriert. Folgende Parameter sollen betrachtet werden:

- » Lagergasmenge (CO₂, N₂) minimal und maximal (über Gewicht oder Druck, je nach Gastyp)
- » Druck minimal und maximal
- » Druck analog
- » Durchflusskontrolle des Inertgases aus der Inertierungsanlage
- » Druckaufbauheizungen
- » Kühleinrichtung (je nach Tankanlage)
- » Bereichsventile
- » Dosierung der Gasmenge je Bereichsventil

C: Schieber und Klappen

Die Steuerung (RSC; Bild 3) muss Signale und Befehle an die Prozessanlage ausgeben und entsprechend des Sicherheitskonzeptes Schieber und Klappen betätigen. Damit wird der Prozess sicher abgeschottet und auch explosive Gasgemische können abgeführt werden.

Fazit

Die Anpassung der Sauerstoff- und Kohlenmonoxydgrenzkonzentration in Abhängigkeit der Prozessstemperatur ist erforderlich. Die Auswertung der Messwerte und ein Abgleich mit typischen Prozessverläufen wird sichergestellt. Dadurch ist ein Einschreiten, z.B. das Abdichten von Leckagen oder das Verhindern eines weiteren Eintritts von Sauerstoff in die Siloanlage, möglich.

Ein sicheres Umschalten der Siloanlage vom „Automatik Betrieb“ in den „manuellen Betrieb“ in Prozesszustände, wie Probebetrieb, Wartungsbetrieb, Revisionsbetrieb zur Vermeidung von Unfällen, muss sichergestellt sein.

Steuerungen müssen autarke Systemfunktionen bei Ausfall von Mastersystemen übernehmen können:

Die Überwachung sämtlicher systemrelevanter Funktionen der Inertgasanlage mit Dosierstation ist notwendig. Eine exakte Inertgas-Dosierung im Hinblick auf Effektivität und Umwelt und die Kontrolle der Inertgas-Bevorratung und die damit verbundene Sicherstellung der zukünftigen Beschaffung und Lagerung muss beachtet werden.

Die Funktionalität der Anlagenteile soll überwacht werden, relevante Fehler oder Ausfälle müssen zu Alarmen führen. Die automatische Ermittlung der Wartungsintervalle, Wartungstermine und Wartungsarbeiten einzelner Anlagenteile in Abhängigkeit der Betriebsdauer und Betriebshäufigkeit führen zu einer hohen Verfügbarkeit und damit verbunden zu einem sicheren Lagerprozess.