



Festgestellte Mängel bei der Prüfung von Biogasanlagen



Umwelttechnik **Bojahr**

Dipl. – Ing. Armin Bojahr

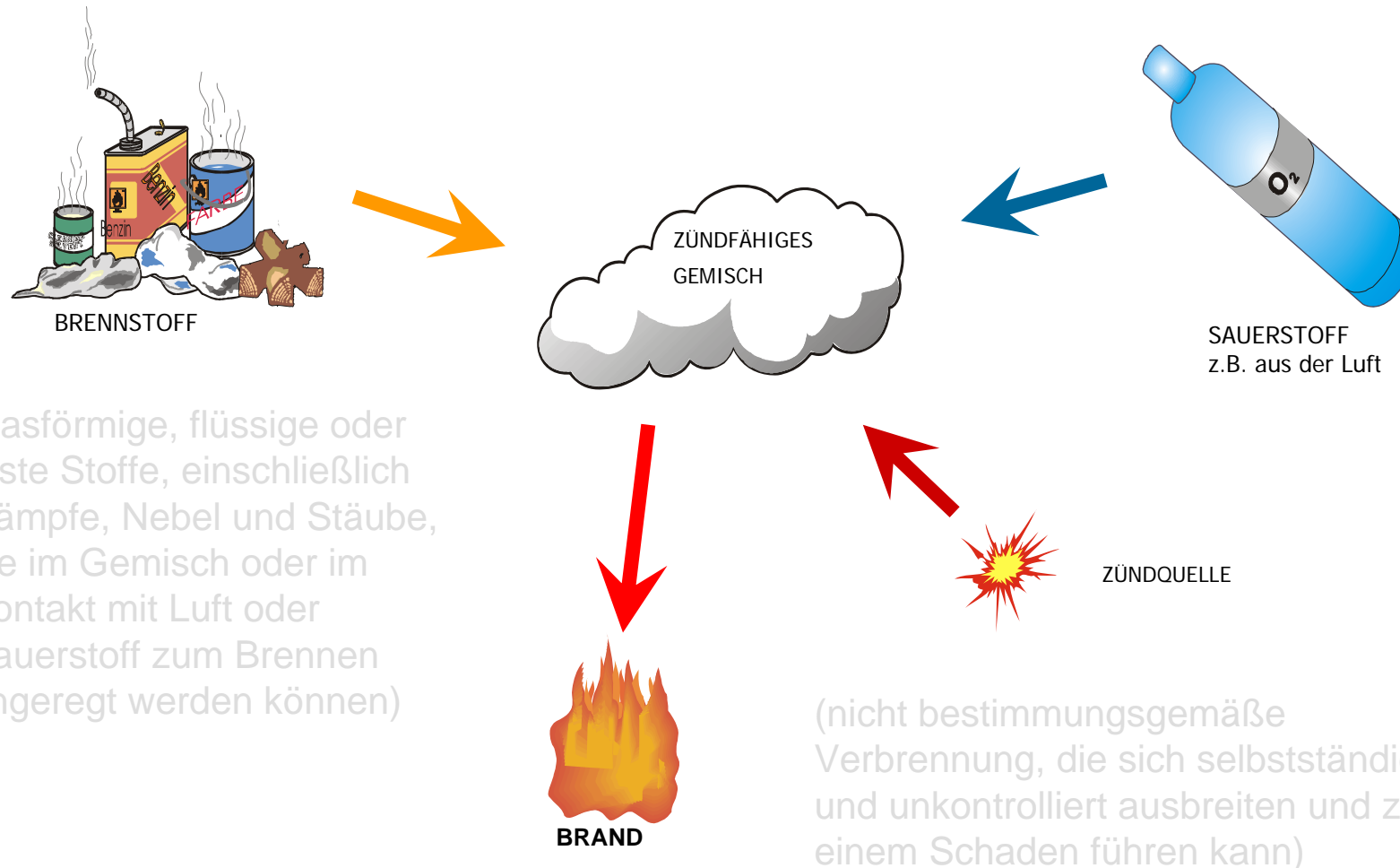
Sachverständiger § 29 a BImSchG
Befähigte Person gemäß § 14 und 15 BetrSichV



Inhalt:

- Allgemeine Grundlagen
- Rechtliche Grundlagen
- Beurteilung von Explosionsgefährdungen
 - Ermittlung der Explosionsfähigkeit
 - Zoneneinteilung
 - Ermittlung wirksamer Zündquellen
 - Abschätzung der Auswirkungen einer Explosion
 - Explosionsschutzmaßnahmen
- Situation in der Praxis

Voraussetzungen für alle Verbrennungsvorgänge:



Was ist eine Explosion?

Eine Explosion ist eine Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit **plötzlichem Anstieg** der **Temperatur**, des **Druckes** oder beider gleichzeitig (DIN EN 1127-1).

Abhängig von der Geschwindigkeit der Ablaufes unterscheidet man:

➤ **Oxidation bzw. Zerfall**

- Sauerstoffaufnahme ohne Flammenbildung (z.B. Rost)

➤ **Verbrennung**

- Sauerstoffaufnahme mit Flammenbildung.
- Sauerstoffzufuhr ist für die Fortsetzung des Vorganges notwendig.
- Niedrige Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit.

➤ **Verpuffung**

- Übergang von einer Verbrennung zu einer Explosion.
- Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit in [cm/s].
- Volumenerweiterung ohne relevantem Druckaufbau.

➤ **Deflagration**

- Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit bis etwa 100 [m/s]
- Sauerstoffzufuhr ist nicht mehr notwendig.
- Explosionsdruck bis 10 bar (Stäube bis 14 bar)

➤ **Detonation**

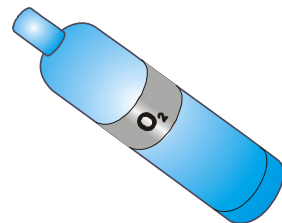
- Explosion vorwiegend in langen Rohrleitungen
- Flammenfortpflanzungsgeschwindigkeit bis etwa 3.000 [m/s]
- Explosionsdruck (Drucküberhöhung) bis 20 bar

Wann entsteht eine Explosion?

- Explosionen entstehen, wenn **Gase** im richtigen **Mischungsverhältnis** mit **Luft** stehen und ausreichend **Zündenergie** erhalten.



brennbarer Stoff



Sauerstoff



wirksame Zündquelle

- Darüber hinaus gibt es Explosionen von **Flüssigkeiten** oder **Feststoffen**, wenn diese **fein verteilt** sind und ebenfalls die **Mischungsverhältnisse** stimmen sowie die **Zündenergien** ausreichen.

Explosionsfähige Atmosphäre (e.A.)



- Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.

- **Faustregel für g.e.A. (gefährliche e.A.):**

- **10 Liter** explosionsfähige Atmosphäre, als zusammenhängende Menge in geschlossenen Räumen oder
- **1/10.000** des Raumvolumens

sind als **gefährlich** anzusehen.

(ca. 5 [ml] Benzin genügen, um ein 200 l-Fass mit explosionsfähiger Atmosphäre zu füllen.)



Quelle: Merkblatt T 005, BG Chemie

Wirkungen einer Explosion

- Explosionsdruck bis ca. 10 bar (100 [t/m²])
- Explosionstemperatur bis ca. 3.000 °C



Maximale Druckamplitude der Druckwelle [bar]	Schadensart
0,01	Glasschäden an Gebäuden
0,03	Leichte Schäden an Bauwerksstrukturen
0,1	Schwere Schäden an Bauwerksstrukturen
0,17	Trommelfellverletzungen
0,6	Totale Zerstörung von üblichen Bauwerken
3	Tod durch Lungenriss

Schadensart in Abhängigkeit der Druckwelle



Explosion eines Flüssiggasbehälters
in **200 m Abstand**



Explosion eines Flüssiggasbehälters
in **50 m Abstand**

Mittendrin in den Flammen



Umwelttechnik **Bojahr**



Großer Preis von Deutschland 1994 in Hockenheim:
Der Bennetton-Ford steht in Flammen, nachdem der Tankschlauch beim Auftanken verkanntet aufgesetzt wurde.

Etwa 12 Liter Benzin ergossen sich über Fahrzeug, Fahrer (Jos Verstappen) und die Boxenmannschaft.

Sekunden später hatten sich die Benzindämpfe im Auspuffbereich entzündet.

Dank der hervorragenden Schutzmaßnahmen ist der Brand innerhalb von 5 Sekunden gelöscht, Jos Verstappen kommt mit nur leichten Verbrennungen davon.

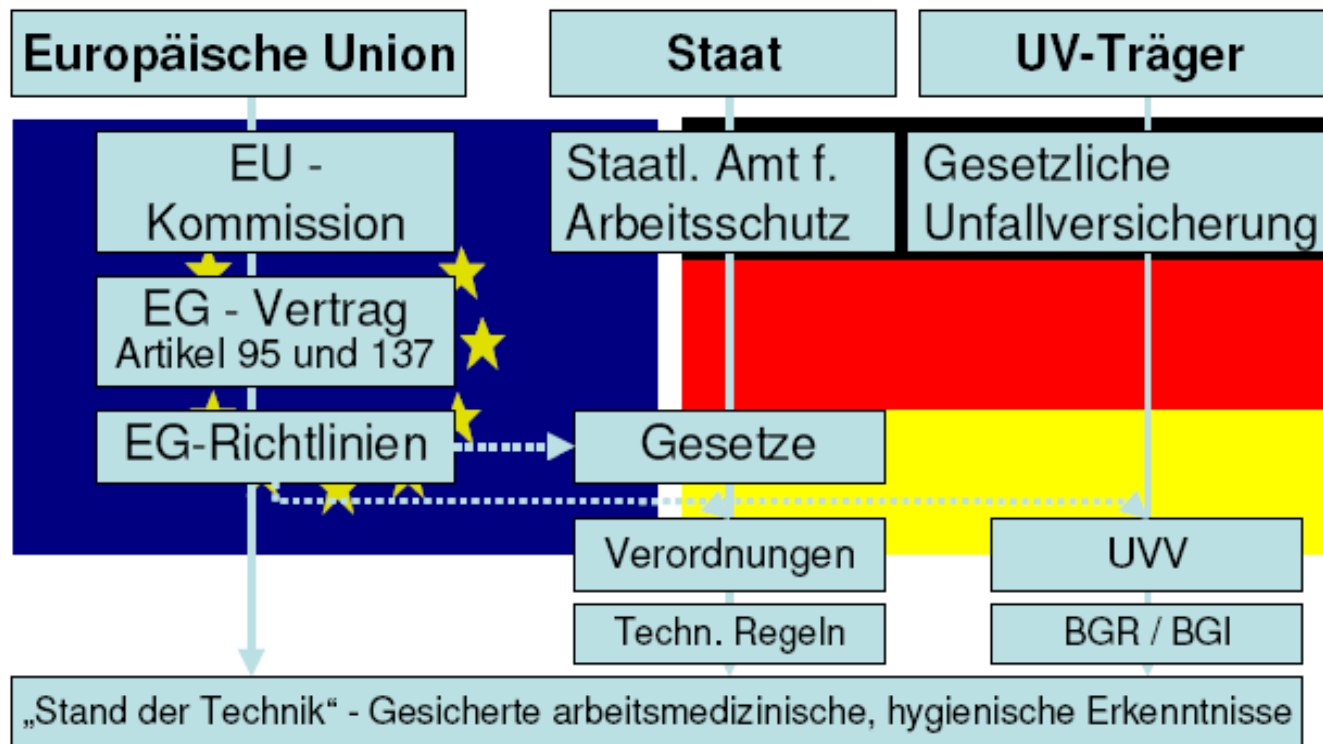
(zwei Wochen später: 3. Platz in Ungarn im selben Auto).



Arbeitsschutz ist Staatsziel:

Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland Artikel 2, Absatz 2 (Auszug)

„Jeder hat das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit.“



Vorgaben und Hinweise zum Explosionsschutz

- Mit dem Schwerpunkt auf apparativer und technischer Anlagensicherheit:
 - **Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)**
- Mit dem Schwerpunkt auf stofflichen Aspekten:
 - **Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)** - Anhang III, Nr. 1

Überschneidungen sind hierbei unvermeidlich.

Allgemeine Anforderungen → Spielraum für den Arbeitgeber

→ keine Konkretisierungen (Aufwand offen)

→ Festlegung über Gefährdungsbeurteilung !

Vorgaben und Hinweise zum Explosionsschutz (Auswahl)

➤ Technische Regeln zur Betriebssicherheit (**TRBS**)

konkretisieren die BetrSichV hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen.

GUV-R 104 / BGR 104 - Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)

- TRBS 1001 Struktur und Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit
- TRBS 1111 Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- TRBS 1201 Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- TRBS 1201-1 Prüfung von Anlagen u. Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen und in explosionsgefährdeten Bereichen
- TRBS 1203 Befähigte Personen - Allgemeine Anforderungen -
- TRBS 1203-1 Befähigte Personen - Besondere Anforderungen - Explosionsgefährdungen
- TRBS 1203-3 Befähigte Personen - Besondere Anforderungen - Elektrische Gefährdungen
- TRBS 2152 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines - (= **TRGS 720**)
- TRBS 2152-1 Beurteilung der Explosionsgefährdung - (= **TRGS 721**)
- TRBS 2152-2 Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (= **TRGS 722**)
- TRBS 2152-3 Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- TRBS 2152-4 Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
- TRBS 2153 Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (= **BGI 5127; T033**)
- **TRBS 2154* Explosionsschutzdokument**
- **TRBS 2155* Anwendung von Prozessleittechnik im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen**
- **TRBS 2156* Schutzmaßnahmen bei Instandhaltungsarbeiten**
- **TRBS 2157* Organisatorische Maßnahmen**

** in Arbeit*



Vorgaben und Hinweise zum Explosionsschutz (Auswahl)

- Technische Regeln für Gefahrstoffe (**TRGS**)
 - TRGS 720 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines
 - TRGS 721 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung
 - TRGS 722 Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (= TRBS 2152-2)

- Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF)
 - TRbF 01 Allgemeines, Aufbau und Anwendung der TRbF
 - TRbF 020 Läger
 - TRbF 050 Rohrleitungen
 - TRbF 060 Ortsbewegliche Behälter

Die Verordnung Brennbare Flüssigkeiten (VbF) wurde mit der BetrSichV (2003) außer Kraft gesetzt.

Die Technischen Regeln für Brennbare Flüssigkeiten (TRbF) sind weiterhin gültig, bis sie durch Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) ersetzt werden.

Vorgaben und Hinweise zum Explosionsschutz (Auswahl)

- **GUV-R-127 / BGR 127** - Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit auf und in Deponie
 - B. Zusätzliche Bestimmungen für Gaswarneinrichtungen
 - C. Zusätzliche Bestimmungen für Deponiegasanlagen
- **GUV-R 132** Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
- **GUV-V C5 / BGV C5** Abwassertechnische Anlagen
- **GUV-R 126** Sicherheitsregeln für Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen
- **GUV-V D34 / BGV D 34** UVV Verwendung von Flüssiggas
- **BGR 500** - Betreiben von Arbeitsmitteln, Kapitel 2.31
Arbeiten an Gasleitungen [Inhalte aus vorheriger BGV D2]
- **BGI 518** „Gaswarneinrichtungen für den Explosionsschutz“



Vorgaben und Hinweise zum Explosionsschutz (Auswahl)

- | | |
|---------------------|--|
| EN 1127-1 | Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik; |
| EN 13463-1 | Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – Teil 1: Grundlagen und Anforderungen; |
| EN 50 281-3 | Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub
Teil 3: Einteilung von staubexplosionsgefährdeten Bereichen |
| EN 60079-10 | Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche –
Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche |
| EN 12874 | Flammendurchschlagssicherungen - Leistungsanforderungen,
Prüfverfahren und Einsatzgrenzen |
| prEN 14034-1 | Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staubwolken - Teil 1:
Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes; |
| prEN 14373 | Explosionsunterdrückungssysteme |
| prEN 14460 | Explosionsfeste Bauweise |
| prEN 14491 | Lüftungssysteme in staubexplosionsgefährdeten Bereichen |
| prEN 14522 | Bestimmung der Mindestzündtemperatur von Gasen und Dämpfen |

Pflichten aus der BetrSichV

- Arbeitsplätze sind hinsichtlich der **Gefährdung** durch Brände & Explosionen zu **beurteilen** § 3 (2). *[Verantwortlich: der Arbeitgeber (für Sicherheitstechnische Bewertung der Betreiber – siehe TRBS 1111)]*
- **Einteilung** der explosionsgefährdeten Bereiche **in Zonen** (Anhang 3);
- Beachtung der **Auswahlkriterien für Geräte** in Ex-Bereichen (Anhang 4) – *(z.B. Zone 0 → Geräte der Kategorie 1 ...)*
- Notwendige **technische / organisatorische Ex-Schutzmaßnahmen** treffen (Anhang 4)
- Erstellen des **Explosionsschutzdokumentes** (§ 6) mit dem Ziel, ein System von Schutzmaßnahmen zur Minimierung der Gefährdungen zu entwickeln; - *(unabhängig von der Zahl der Beschäftigten)*

Schwerpunkte zur Beurteilung von Explosionsgefahren:

1. Ermittlung der Explosionsfähigkeit
2. Zoneneinteilung
3. Ermittlung wirksamer Zündquellen
4. Abschätzung der Auswirkungen einer Explosion
5. Festlegung konstruktiver Explosionsschutzmaßnahmen

- Die Gefährdungsbeurteilung ist Grundlage für das Explosionsschutzdokument.
- Zu beurteilen sind
 - Gase, Dämpfe oder Nebel in Apparaturen
 - Gase, Dämpfe oder Nebel in Räumen / im Freien
 - Stäube in Apparaturen
 - Stäube in Räumen / im Freien
- Allgemein ist auch bei der Zoneneinteilung die Betrachtung des jeweiligen Einzelfalls erforderlich,
- eine unkritische Übernahme von Zonendefinitionen aus Regelwerken wie z.B. der Beispielsammlung der Ex-RL ist nicht zu empfehlen.
- Rangfolge der Schutzmaßnahmen bei Festlegung beachten.

Sicherheitstechnische Kennzahlen



Gase/Flüssigkeiten/Dämpfe

- Explosionsgrenzen
- Flammpunkt
- Zündtemperatur/Temperaturklasse
- Grenzspaltweite/Explosionsgruppe
- Sauerstoffgrenzkonzentration
- Explosionskennzahlen
 - Flammengeschwindigkeit
 - Maximaler Explosionsdruck
 - Druckanstiegsgeschwindigkeit
- relative Dichte (Luft = 1)

Stäube

- Brennverhalten
- Glimmtemperatur
- Thermische Stabilität
- Spezifischer Durchgangswiderstand
- Explosionsfähigkeit
- Zündtemperatur der Staubwolke
- Mindestzündenergie
- Sauerstoffgrenzkonzentration

Explosionsgefährdete Bereiche durch **Gase**, **Dämpfe** oder **Nebel** werden in 3 Zonen aufgeteilt:

- **Zone 0** : Bereiche, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln **ständig, über lange Zeiträume oder häufig** vorhanden ist.
- **Zone 1** : Bereiche, in denen bei Normalbetrieb gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel **gelegentlich** auftritt.
- **Zone 2** : Bereiche, in denen bei Normalbetrieb gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel normalerweise **nicht** oder aber **nur kurzzeitig** auftritt.

Aus der Zoneneinteilung ergibt sich der Umfang der zu ergreifenden Vorkehrungen z.B. nach Anhang 4 Abschnitt A (BetrSichV).

Für Bereiche die durch **Stäube** explosionsgefährdet sind, gilt:

➤ **Zone 20**

Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub **ständig, über lange Zeiträume oder häufig** vorhanden ist.

➤ **Zone 21**

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb **gelegentlich** eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

➤ **Zone 22**

Bereich, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub **normalerweise nicht** oder aber **nur kurzzeitig** auftritt.

- Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden.
- Als **Normalbetrieb** gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.
- Dem Begriff „kurzzeitig“ wird meist eine Zeitdauer von **maximal 30 Minuten** zugeordnet.

Mögliche Orientierungswerte:

ZONE	Auftreten / a	Auftreten / d	Dauer
ZONE 0	> 1000 / a	> 3 / d	> 10 h
ZONE 1	Zwischen 10 / a und 1000 / a	Zwischen 1 / mon. und 3 / d	Zwischen 0,5 h und 10 h
ZONE 2	Zwischen 1 / a und 10 / a	< 1 / d	< 0,5 h

Zündquellenarten (gemäß Ex-RL):

- Heiße Oberflächen
- Flammen und heiße Gase
- Mechanisch erzeugte Funken
- Elektrische Anlagen
- Statische Elektrizität
- Chemische Reaktionen

Diese Zündquellen spielen in der betrieblichen Praxis die größte Rolle.



Heiße Oberflächen:

- Kontakt mit heißen Oberflächen kann e.A. entzünden (wenn die Zündtemperatur erreicht ist).
 - Betriebsmäßig heiße Oberflächen (z.B. Heizungen, bestimmte elektrische Betriebsmittel, heiße Rohrleitungen, etc.)
 - Störungsbedingt auftretende heiße Oberflächen (z.B. heißlaufende Teile aufgrund unzureichender Schmierung).

Maßnahmen: z.B. Sicherheitsabstand zwischen maximal auftretenden Oberflächentemperatur und der Zündtemperatur der e.A. gewährleisten (Sicherheitsabstand ist abhängig von der Zoneneinteilung und wird nach EN 1127-1 festgelegt.)

Hinweis: Staubablagerungen → isolierende Wirkung → Wärmestau

- Je dicker die Staubschicht, desto geringer die Wärmeabfuhr.
- Temperaturerhöhung bis zur Entzündung der Staubschicht möglich.

Flammen und heiße Gase:

- Flammen und auch glimmende Feststoffpartikel können e.A. entzünden.
 - Flammen (auch sehr kleiner Abmessungen) zählen zu den wirksamsten Zündquellen und sind daher in explosionsgefährdeten Bereichen der **Zonen 0** und **20** **generell auszuschließen**.
 - In den **Zonen 1, 2, 21** und **22** sollten Flammen **nur** dann auftreten, **wenn** diese **sicher eingeschlossen** sind (siehe EN 1127-1).

Maßnahmen:

- Offene Flammen durch Schweißen oder Rauchen sind durch organisatorische Maßnahmen zu verhindern.



Mechanisch erzeugte Funken :

- Reib-, Schlag- und Schleifvorgänge: Abtrennung von Teilchen mit erhöhter Energie (Abtrennenergie). Teilchen aus oxidierbaren Substanzen, wie z.B. Eisen oder Stahl, können durch einen Oxidationsprozess auf Temperaturen $>1.000\text{ °C}$ gelangen (Funken)
- Schweißen und Schneiden: Funken mit sehr großer Oberfläche (Schweißperlen). Sehr wirksame Zündquellen!
- Funken mit größerer Zündfähigkeit entstehen auch bei leichten Schlägen von beliebigem Material auf rostigen Stahl, wenn an der Schlagstelle Spuren von Aluminium oder Magnesium vorhanden sind. (auch bei Verwendung von Schlagwerkzeugen aus sogenannten „funkensicheren Materialien“)

Maßnahmen:

- Begrenzung der Relativgeschwindigkeit auf $< 1\text{ m/s}$,
- Ersatz ungünstiger Werkstoffe bzw. Werkstoffpaarungen,
- Spaltabmessungen zwischen rotierenden und feststehenden Teilen beachten,
- Staubablagerungen und Eindringen von Fremdkörpern vermeiden,...



Elektrische Anlagen:

- selbst bei geringen Spannungen können bei elektrischen Betriebsmitteln (z. B. MSR-Einrichtungen, Motoren) elektrische Funken als Zündquellen auftreten:
 - z.B. beim Öffnen und Schließen elektrischer Stromkreise
 - bei Ausgleichsströmen (Streu- oder Leckströme) und
 - heißen Oberflächen

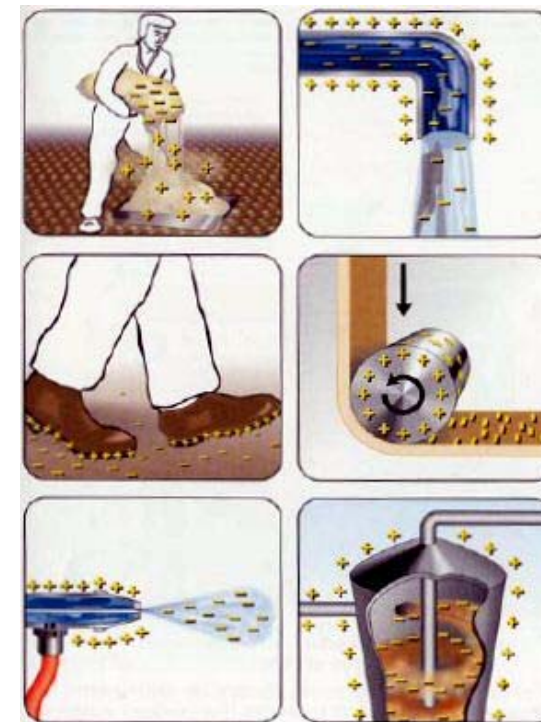
Maßnahmen:

- Wirksame Schutzmaßnahmen nach den entsprechenden Normen vorsehen
- Eignung der Betriebs-/Arbeitsmittel beachten
- Bestimmungsgemäße Verwendung
- Betriebsanleitung/Herstellerangaben berücksichtigen



Statische Elektrizität:

- **Funkenentladungen:** können durch Aufladung von nicht geerdeten, leitfähigen Teilen entstehen.
- **Büschelentladungen:** können an aufgeladenen Teilen aus nichtleitfähigen Stoffen entstehen (z.B. Kunststoffe).
- **Schüttkegelentladungen:** können beispielweise bei der pneumatischen Befüllung von Silos auftreten.
- **Gleitstielbüschelentladungen:** können bei schnell ablaufenden Trennvorgängen auftreten (z.B. Abrollen von Folien über Walzen, pneumatischen Fördervorgängen in metallischen Rohren oder Behältern, die isolierend ausgekleidet sind, oder an Treibriemen.)



Chemische Reaktionen:

- Durch chemische Reaktionen mit Wärmeentwicklung (exotherme Reaktionen) können sich Stoffe erhitzen und dadurch zur Zündquelle werden.
- Selbsterhitzungsreaktionen auch schon bei Raumtemperatur.
- Durch Behinderung der Wärmeableitung oder durch erhöhte Umgebungstemperatur (z. B. bei der Lagerung) kann die Reaktionsgeschwindigkeit derart zunehmen, dass die zur Entzündung notwendigen Voraussetzungen erreicht werden

Maßnahmen:

- In allen Zonen Stoffe, die zur Selbstentzündung neigen, möglichst vermeiden.
- Regelung der Anlagentemperatur, Lagerung bei abgesenkten Umgebungstemperaturen, Verbesserung der Wärmeableitung (z.B. durch Aufteilung der Stoffmengen in kleinere Einheiten)

weitere Zündquellenarten (gemäß Ex-RL):

- Blitzschlag
- Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
- Elektromagnetische Felder im Bereich 9 kHz bis 300 GHz (Funksender wie z.B. Handy oder medizinische, wissenschaftliche und industrielle Hochfrequenzgeneratoren)
- Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von $3 \cdot 10^{11}$ Hz bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz bzw. Wellenlängen von 1000 μm bis 0,1 μm (optischer Spektralbereich)
- Ionisierende Strahlung (Hochfrequenz, radioaktive Strahlung, Röntgenstrahlung)
- Ultraschall (führt zu Erwärmung)
- Verdichtung und Stoßwellen z.B. durch zerbrechende Vakuumgefäße und Leuchtstofflampen

- Vermeidung hat Vorrang.
- Im Explosionsfall ist stets mit einem hohen Schadensausmaß und Personenschäden zu rechnen.
- Unabhängig davon sind begrenzte physikalische Wirkungen einer Explosion zu betrachten (Flammenausbreitung, Druckwirkung etc.).
- Besondere örtliche Verhältnisse sind zu berücksichtigen (mögliche Auswirkungen in der Umgebung → Freisetzung anderer gefährlicher oder brennbare Stoffe bzw. Entzündung).
- Volumen ausbreitender Flammen kann zehnmal so groß wie das der e.A. vor ihrer Entzündung sein. (Ausbreitungsrichtung langer Stichflammen).
- In lang gestreckten Behältern oder Rohrleitungen besteht Gefahr der Ausbildung von Detonationen. Detonationswellen haben beim Aufprall auf Hindernisse eine besonders starke zerstörende Wirkung.

Unter Explosionsschutzmaßnahmen werden alle Maßnahmen verstanden,

- die die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern,
- die Zündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre vermeiden oder
- die Auswirkungen von Explosionen soweit reduzieren, dass Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer gewährleistet sind.

Man unterscheidet

- **inneren Ex-Schutz** - das Innere von Rohrleitungen, Gasfördereinrichtungen, usw.
- **äußeren Ex-Schutz** - Umgebung von gasführenden Anlagenteilen, Räume, usw.

Grundlage für die durchzuführenden Explosionsschutzmaßnahmen bildet die Zoneneinteilung.



Unterscheidung der Ex-Schutzmaßnahmen (nach ExRL) in

- **primäre** Explosionsschutzmaßnahmen (E 1*) **Der Abschnitt E 1 wurde in die TRBS 2152 Teil 2 überführt. (2007)*
sollen die Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (e.A.) verhindern oder einschränken.
- **sekundäre** Explosionsschutzmaßnahmen (E 2)
sollen die Entzündung gefährlicher e.A. (Vermeidung von Zündquellen) verhindern oder unwirksam machen.
- **konstruktiven** Explosionsschutz (E 3).
sollen die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken.

Auswahl von Geräten und Schutzsystemen

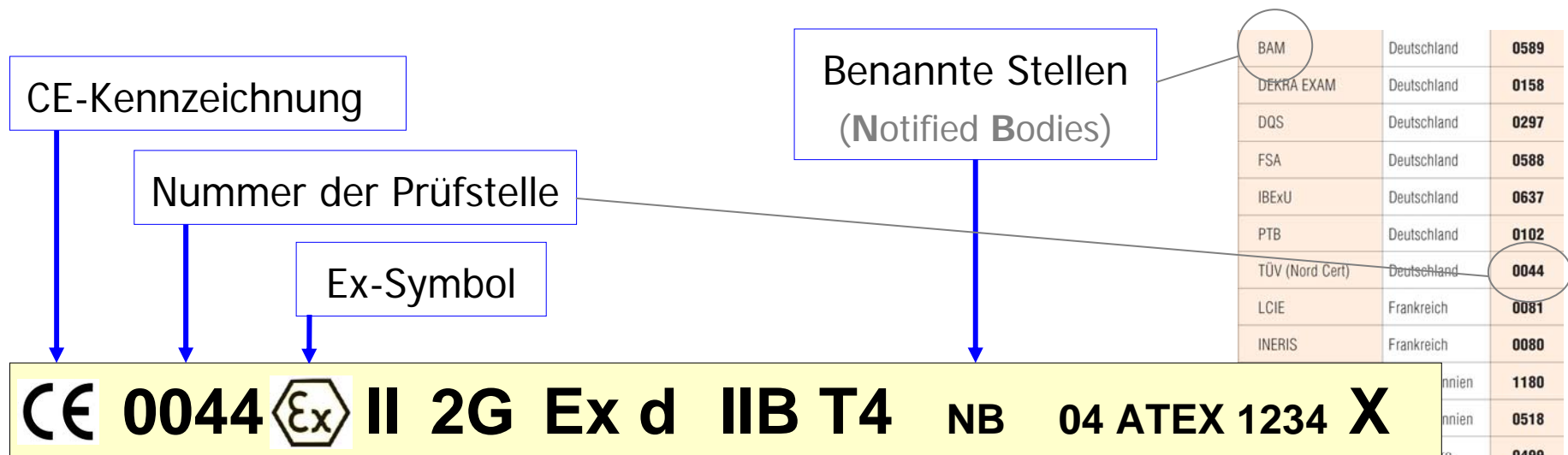
Sofern im [Explosionsschutzdokument](#) unter Zugrundelegung der Ergebnisse der [Gefährdungsbeurteilung](#) nichts anderes vorgesehen ist, sind in explosionsgefährdeten Bereichen Geräte und Schutzsysteme entsprechend den Kategorien gemäß der Richtlinie 94/9/EG auszuwählen.

- **in Zone 0 oder Zone 20** → Geräte der Kategorie 1,
- **in Zone 1 oder Zone 21** → Geräte der Kategorie 1 oder der Kategorie 2,
- **in Zone 2 oder Zone 22** → Geräte der Kategorie 1, Kategorie 2 oder der Kategorie 3

Kategorien gemäß der Richtlinie 94/9/EG

- **Kategorie 1** - sehr hohes Maß an Sicherheit, Geräte müssen selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten (Beispiel: Gleitringdichtung mit Überwachung des Ölstandes, Lagertemperaturüberwachung, etc.)
- **Kategorie 2** - hohes Maß an Sicherheit, Geräte gewährleisten selbst bei häufigen Gerätestörungen oder Fehlerzuständen, die üblicherweise zu erwarten sind, das erforderliche Maß an Sicherheit (Beispiel: Gleitringdichtung)
- **Kategorie 3** - normales Maß an Sicherheit, diese Geräte gewährleisten bei normalem Betrieb das erforderliche Maß an Sicherheit (Beispiel: normales Lager)

Kennzeichnung explosionsgeschützter Betriebsmittel *(nach RL 94/9/EG)*



Gerätegruppe/Anwendungsbereich

Gruppe I → Schlagwettergefährdete Gruben, Grubengas, Verwendung in Bergbau-, Über- und Untertage


Gruppe II → Sonstige explosionsgefährdete Bereiche



Gerätekategorie

Kategorie

- 1 →... Zone 0 (bzw. Zone 20)
- 2 →... Zone 1 (bzw. Zone 21)
- 3 →... Zone 2 (bzw. Zone 22)

CE 0044  II **2G** Ex d IIB T4 NB 04 ATEX 1234 X

Gerätegruppe/Anwendungsbereich

- Gruppe I → Bergbau (Methan, Staub)
- Gruppe II → sonstige Ex-Bereiche (Gase, Dämpfe, Stäube)

Verursachende Atmosphäre/Stoffgruppe

nur für Gerätegruppe II

- G ... Gase
- D ... Staub (Dust)



Norm/Norm-Teilbereich

(z.B. **EEx**, **E** für Europäische Normen (EN),
Ex für Norm über Explosionsschutz)

CE 0044  II 2G **Ex d** IIB T4 NB 04 ATEX 1234 X

Angewendete Zündschutzart

- o = Ölkapselung
- p = Überdruckkapselung
- q = Sandkapselung
- d = druckfeste Kapselung
- e = erhöhte Sicherheit
- i = Eigensicherheit
- m = Vergußkapselung

durch ein bzw. zwei Buchstaben gekennzeichnet (alle bei einem Betriebsmittel benutzten Zündschutzarten müssen hinter der Haupt-Zündschutzart angegeben werden. z.B. de:

- Haupt- Zündschutzart "d"
- Nebenzündschutzart "e"

Explosionsgruppe/Grenzspaltweite

Kennzeichen	Grenzspaltweite
II A	größer 0,9 mm
II B	von 0,5 bis 0,9 mm
II C	kleiner 0,5 mm


CE 0044  II 2G Ex d **IIB** T4 NB 04 ATEX 1234 X

Explosionsuntergruppe

Aufteilung der Gase und Dämpfe						
Einsetzbarkeit des Betriebsmittels	Explosionsuntergruppe	Gase und Dämpfe				
		IIC	IIB	IIA		
	IIA	Ammoniak Methan Ethan Propan	Ethylalkohol Cyclohexan n-Butan	Benzine allg. Düsenkraftstoff n-Hexan	Acetaldehyd	
	IIB	Stadtgas Acrylnitril	Ethylen Ethylenoxid	Ethylenglycol Schwefelwasserstoff	Ethylether	
	IIC	Wasserstoff	Ethin (Acetylen)			Kohlen- disulfid

Abb.-Quelle: www.bartec-group.de

Temperaturklasse

CE 0044  II 2G Ex d IIB **T4** NB 04 ATEX 1234 X

Temperatur- klasse	Temperaturbereich
T6	bis 85 °C
T5	von 85 bis 100 °C
T4	von 100 bis 135 °C
T3	von 135 bis 200 °C
T2	von 200 bis 300 °C
T1	von 300 bis 450 °C

Temperaturklassen					
T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zuordnung der Gase und Dämpfe nach Zündtemperatur					
> 450 °C	> 300 bis ≤ 450 °C	> 200 bis ≤ 300 °C	> 135 bis ≤ 200 °C	> 100 bis ≤ 135 °C	> 85 bis ≤ 100 °C
Einsetzbarkeit der Betriebsmittels					
T1					
	T2				
		T3			
			T4		
				T5	
					T6

CE 0044  **II 2G Ex d IIB T4 NB 04 ATEX 1234** **X**

Einsatzbedingungen des Betriebsmittels

Bedingungen	Kennzeichnung
Betriebsmittel einsetzbar ohne Einschränkungen	-
Besondere Einsatzbedingungen beachten	X
Ex-Bauteil mit Teilbescheinigung allein nicht einsatzfähig. CE-Konformität wird mit dem Einbau in ein komplettes Gerät vom Hersteller erklärt.	U

Die Dichte lässt sich über die Molmassen bestimmen, z.B.:

O ₂	32 g/mol	N ₂	28 g/mol	C	12 g/mol
H ₂	2 g/mol	S	32 g/mol	Cl ₂	35 g/mol

Die Molmasse der Luft berechnet sich unter der Vereinfachung, dass Luft aus ungefähr 21 Vol.-% O₂ und 79 Vol.-% N₂ besteht, wie folgt:

$$21 \text{ Vol.-% O}_2 : \quad \frac{21\%}{100\%} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 6,72 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$79 \text{ Vol.-% N}_2 : \quad \frac{79\%}{100\%} \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 22,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$21 \text{ Vol.-% O}_2 + 79 \text{ Vol.-% N}_2 : \quad M_{\text{Luft}} = 28,84 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Dichteverhältnis – Ein Beispiel

Die Molmasse von Luft beträgt 28,84 g/mol oder ≈ 29 g/mol.

Beispiel: Kohlendioxid **CO₂** (Kohlenstoffdioxid)

C 12 g/mol

O₂ 32 g/mol

CO₂ 44 g/mol

$$\text{Dichteverhältnis} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{Luft}}} = \frac{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,52$$

Das **Dichteverhältnis** von CO₂ ist **größer 1**, somit ist CO₂ **schwerer als Luft**.



Biogasanlagen sind:

- überwachungsbedürftig gemäß BetrSichV
- vor der Inbetriebnahme zu prüfen (§14 BetrSichV)
- wiederkehrend mind. alle 3 Jahre zu prüfen (§15 BetrSichV)

Was ist wann zu prüfen?

- Konkretisierung der Prüfaufgaben in der TRBS 1201
 - Geräte, Schutzsysteme oder Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen
 - Sicherheits-, Kontroll- und Regeleinrichtungen
 - Verbindungselemente ... z. B. Verlegeart, Isolationswiderstand von elektrischen Kabeln und Leitungen usw.
 - Bedeutsame Wechselwirkungen von Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- oder Regelvorrichtungen
 - die Herstellervorgaben sind zu beachten



Was ist wann zu prüfen?

- Die Pflicht der Betreiber:
 - Die Prüffristen und Prüfanforderungen liegen im Verantwortungsbereich der Betreiber.
 - Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung oder
 - Durchführung einer sicherheitstechnischen Bewertung
 - Mindestfrist 3 Jahre gem. BetrSichV aber Herstellervorgaben beachten

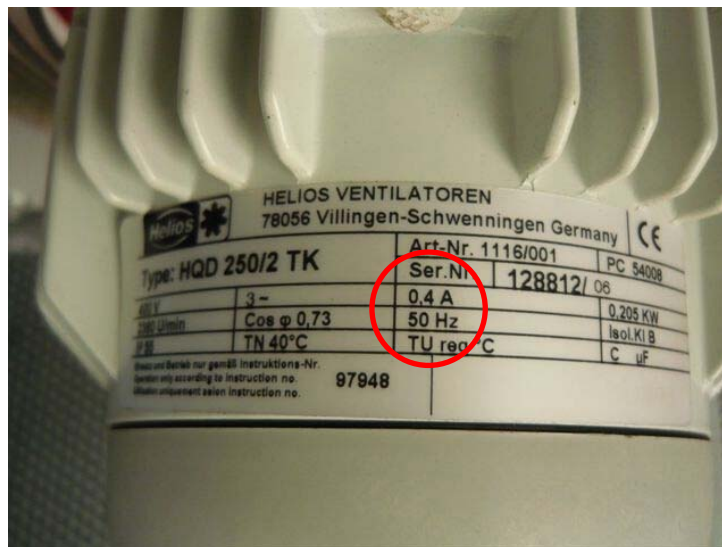
Was ist wann zu prüfen?

- Vorgaben der Gerätehersteller am Beispiel von:
 - Druckschalter, Drucksensoren, Temperaturfühler ⇒ jährlich oder Temperaturschalter:
 - Gaswarngeräte: ⇒ mindestens ½ jährlich
 - Überlastschutzgeräte, Fehlerstromschutzgeräte: ⇒ ¼ jährlich bis monatlich

Mängel an elektrischen Betriebsmitteln:

- Fehlende Anlagendokumentation und Kennzeichnung
- Fehlende Schutzeinrichtungen wie:
 - Motorschutzschalter
 - Fehlerstromschutzschalter
- Falsche Auswahl der Betriebsmittel
 - Motorschutzschalter ist nicht für EEx – Motoren zugelassen
 - Frequenzumformer oder Sanftanlaufgeräte sind nicht für EEx – Motoren zugelassen

Falsch dimensionierter Motorschutz



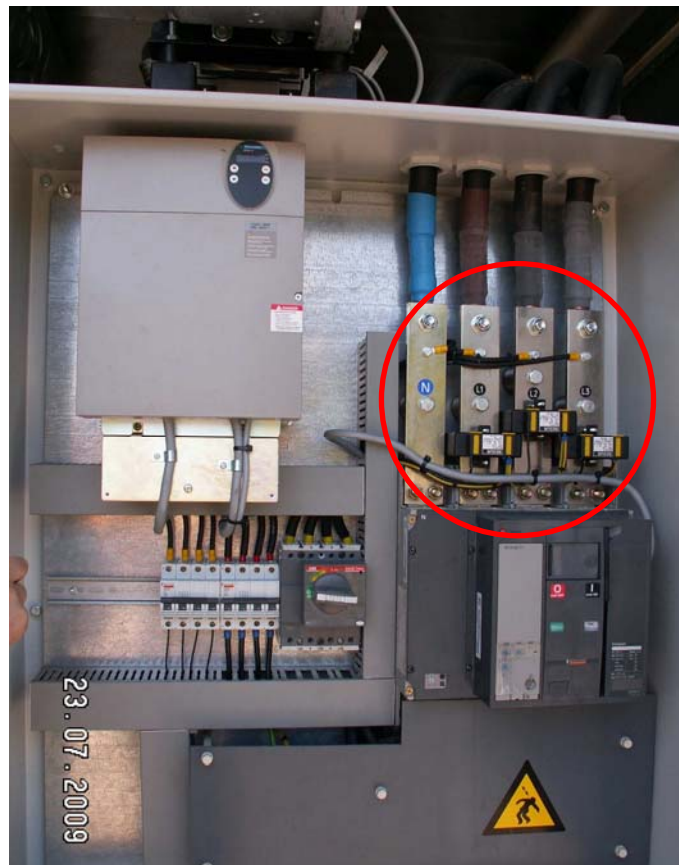
Kabelverlegung



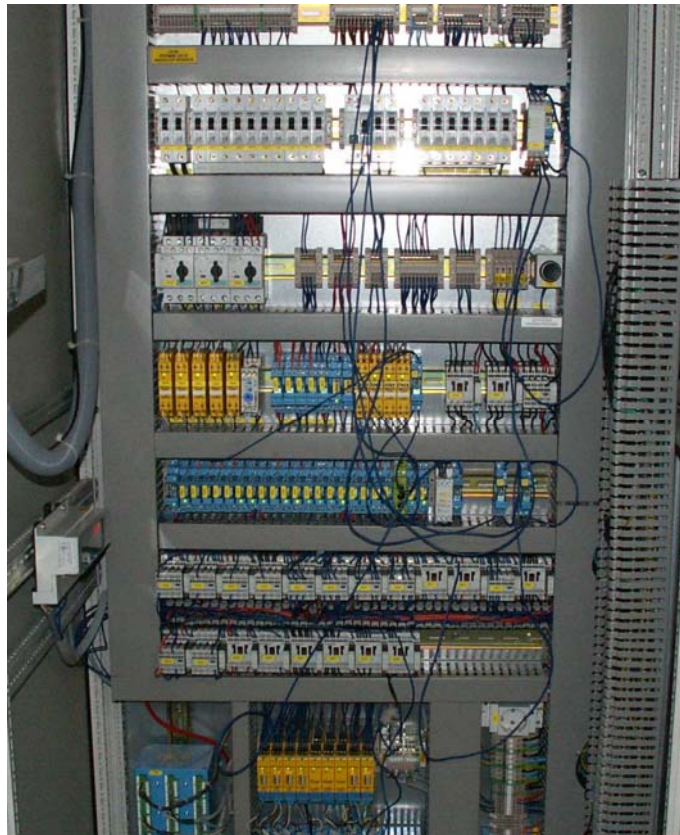
Kabelverlegung



Schaltschränke



Schaltschränke





Erforderliche Kenntnisse:

- Biologische und verfahrenstechnische Prozesse
- Anlagensteuerung und Prozesstechnik
- Rechtsgrundlagen und Genehmigungsaufgaben
- Arbeitsschutz und Betriebssicherheit
- Anlagenüberwachung und sicherheitstechnische Prüfungen

Gasleitung mit Entwässerungseinrichtung.





Gasleitung mit Entwässerungseinrichtung



Gasspeicher



Gasspeicher



Gasmotor – Berührungsschutz heiße Teile?



Gasmotor – Notkühlung?



Gasspeicher unter freiem Himmel?



Aufhängung Gasspeicher – fachgerecht???



Rohrleitung – beherzter Werkstoffwechsel!?!



Antrieb Fermenter – mit Leckagesystem



Nachgärlager – voller wie voll!



Offene Güllegrube in geschlossener Halle – technische Bombe?



Atmungsleitung eines Fermenters unterm Dach – eigens hergestellte Ex-Gefahr





Festgestellte Mängel bei der Prüfung von Biogasanlagen



Umwelttechnik **Bojahr**

Gesellschaft für Umwelttechnik Bojahr mbH & Co. KG

Staudenstraße 6 88276 Berg

Tel.: 0751/56190-0 Fax: 0751/56190-20

info@u-t-b.de

www.u-t-b.de

Kirchberg, 30.11.2010

