



Mechanische Konstruktion  
nach **ATEX**

Was Sie **berücksichtigen** sollten

## Mechanische Konstruktion nach ATEX – Was Sie berücksichtigen sollten



---

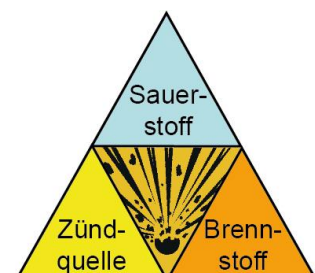
*In diesem Whitepaper erfahren Sie, wie Sie Ihre elektronischen Geräte und Systeme mittels konstruktiver Maßnahmen explosionsicher auslegen und wie embeX Sie dabei unterstützen kann.*

---

### Explosionsrisiken und Explosionsschutz

In vielen Bereichen der Industrie wie auch des täglichen Lebens gibt es Gase, Dämpfe oder Stäube, die brennbar oder auch explosiv sein können – angefangen beim heimischen Haushalt mit Gasherd und Gasheizung über Tankstellen und Biogasanlagen bis hin zu prozesstechnischen Industrieanlagen wie Raffinerien, Chemiewerke, Bohrseln oder Mühlen.

**Explosionsfähige Atmosphären** können entstehen, wenn ein solches brennbares Medium und Sauerstoff in einem bestimmten Mischungsverhältnis auftreten – man spricht hier vom **zündfähigen Bereich**. Dieser ist für jedes brennbare Medium durch eine charakteristische untere und obere Explosionsgrenze definiert; bei Erdgas (Methan) beispielsweise eine Volumenkonzentration zwischen 4,4 % und 16,5 %.

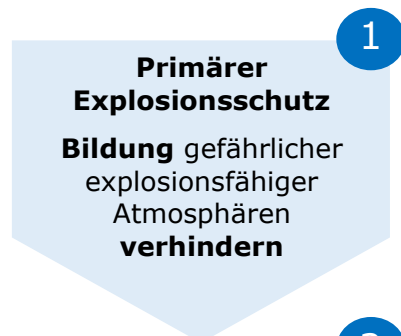




Innerhalb dieses Bereichs kann es zur Explosion kommen, sobald eine geeignete **Zündquelle** vorhanden ist. Mögliche Zündquellen sind offenes Feuer, heiße Oberflächen – z.B. durch überhitzte Elektronik-Bauteile – sowie Funkenschlag durch Reibung oder einen elektrischen Überschlag.

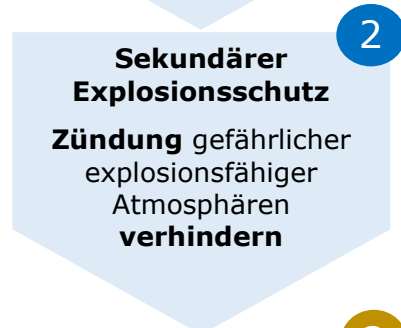
## Primärer Explosionsschutz

Aus dieser Betrachtung ergibt sich als primäres Explosionsschutzziel **das Vermeiden explosionsfähiger Atmosphären**. Dazu gehören Maßnahmen wie die Verringerung der Menge brennbarer Stoffe, den Ersatz durch nicht brennbare Stoffe oder die Verdrängung von Sauerstoff durch Schutzgase.



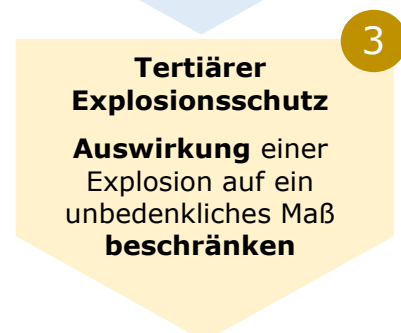
## Sekundärer Explosionsschutz

Ist dieses Ziel in der Praxis nicht erreichbar, greift der sekundäre Explosionsschutz: **Die Vermeidung von Zündquellen**. In der Elektronik gehört dazu z.B. die sogenannte eigensichere Auslegung durch Begrenzung von Spannung, Strom und Leistung, um die Erwärmung von Komponenten im zulässigen Bereich zu halten.



## Tertiärer Explosionsschutz

Wenn die Maßnahmen des primären und sekundären Explosionsschutzes nicht ausreichend sind, müssen tertiäre Schutzmaßnahmen getroffen werden, um die Auswirkungen der Explosion auf ein akzeptables Maß zu beschränken. Übliche Maßnahmen sind explosionsfeste Bauweise, Explosionsdruckentlastung oder Explosionsunterdrückung.



Beispiel explosionsgeschütztes Gehäuse

## Sekundärer Explosionsschutz- Konstruktive Maßnahmen

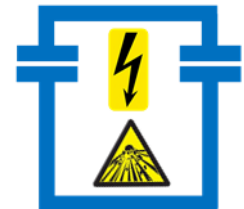
Zu den Maßnahmen des sekundären Explosionsschutzes gehören insbesondere **konstruktive Lösungen**, etwa die Kapselung kritischer Komponenten durch eine geeignete Gehäusekonstruktion, die eine Zündung der explosiven Atmosphäre verhindert. Einschlägige, europaweit einheitliche Standards für Geräte, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, sind in den **ATEX-Richtlinien der Europäischen Union** definiert.

**ATEX**  
steht für  
französisch  
„Atmosphères  
Explosibles“

In der ATEX-Produktrichtlinie 2014/34/EU sind u.a. **Zündschutzarten** für Schutzgehäuse elektrischer Betriebsmittel definiert:

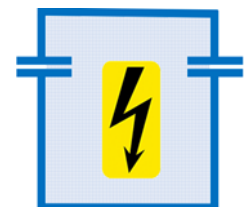
- **Druckfeste Kapselung Ex-d**

Eine bei einer Explosion im Gehäuseinnern entstehende Flamme kann das Schutzgehäuse nicht verlassen (zum Beispiel sind die Spalten zwischen Gehäuse und Deckel oder in den Kabeldurchführungen und Verschlüssen so schmal und lang, dass die Flamme auf dem Weg nach außen durch Abkühlung erlischt). Der explosionsbedingte Überdruck entweicht, ohne die explosive Atmosphäre der Umgebung zu entzünden. Das Gehäuse selbst hält dem Explosionsdruck stand.



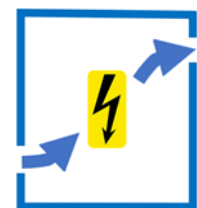
- **Vergusskapselung Ex-o/q/m**

Mögliche Zündquellen wie heiße elektronische Bauteile sind vollständig durch eine Vergussmasse von der Atmosphäre abgeschlossen. Eine potenziell zündfähige Atmosphäre kann die Zündquelle nicht erreichen.



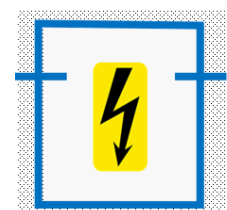
- **Überdruckkapselung Ex-p**

Das Innere des Gehäuses wird zuerst mehrfach mit Luft oder einem inerten Gas gespült (kontrolliert z.B. durch eine Volumenstrommessung), bevor die Versorgungsspannung über eine externe Steuerung freigeschaltet wird. Der Überdruck im Gehäuse wird permanent überwacht.



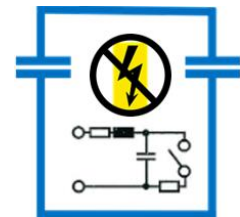
- **Staubgeschützte Gehäuse Ex-t**

Das Gehäuse ist gegen Stäube abgedichtet, sodass diese nicht ins Innere eindringen können (IP6x). Die Oberfläche des Gehäuses darf sich nur so weit erwärmen, dass sich eine Staubaufgabe darauf nicht entzündet.



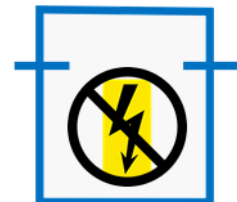
- **Eigensichere Elektronik Ex-i**

Strom, Spannung und Leistung sind so weit begrenzt, dass Zündquellen durch Erwärmung oder Funkenschlag gar nicht erst entstehen können. Besondere Anforderungen an das Gehäuse bestehen in diesem Fall nicht.



- **Erhöhte Sicherheit Ex-e**

Diese Schutzart bezieht sich auf Anschlussräume, etwa an Motoren oder Verteilerkästen. Die **Luft- und Kriechstrecken** zwischen den Anschlussklemmen und zum Gehäuse sind größer als im Normalfall. Der Motor selbst kann druckfest, verguss- oder überdruckgekapselt sein.



**Info:**

Unter dem Begriff **Luftstrecke** wird die kürzeste Verbindung zwischen zwei Potentialen durch die Luft definiert. Als **Kriechstrecke** wird die kürzeste Verbindung zwischen zwei Potentialen über eine Oberfläche bezeichnet.

Des Weiteren ist in der ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG eine **Zoneneinteilung** explosionsgefährdeter Bereiche nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von explosionsfähigen Atmosphären festgelegt. Die in einer bestimmten Zone einsetzbaren Geräte und Systeme müssen jeweils ein entsprechendes, in einschlägigen Normen beschriebenes Schutzniveau erfüllen:

explosionsfähige Atmosphäre bestehend aus Sauerstoff und	Dauer des Vorhandenseins eines entzündlichen Gemisches	Ex-Zonen	Mindestanforderungen an das Gerät				Schutz-niveau
			ATEX-Richtlinie 2014/34/EU		Norm EN 60079-0 bzw. EN ISO 80079-36		
			Gerätegruppen	Geräte-kategorien	Ex-Gruppen	Geräteschutz-niveau EPL	
Gase, Nebel, Dämpfe	ständig, langfristig oder häufig	0	II	1G	IIA, IIB, IIC	Ga	sehr hoch
	gelegentlich	1	II	2G	IIA, IIB, IIC	Gb	hoch
	selten oder kurzzeitig	2	II	3G	IIA, IIB, IIC	Gc	erhöht
Stäube	ständig, langfristig oder häufig	20	II	1D	IIIA, IIIB, IIIC	Da	sehr hoch
	gelegentlich	21	II	2D	IIIA, IIIB, IIIC	Db	hoch
	selten oder kurzzeitig	22	II	3D	IIIA, IIIB, IIIC	Dc	erhöht

*embeX-Tipp: Die effektive Gestaltung eines Schutzgehäuses hängt von vielen Faktoren ab. Lassen Sie sich von Explosionsschutzexperten beraten, welche Konstruktion für Ihr Produkt und Anwendungsumfeld zielführend ist.*

## Explosionengeschützte Produkte – eine besondere Herausforderung an die Entwicklung

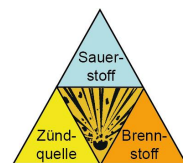
Um die ATEX-Vorgaben an explosionengeschützte Geräte und Systeme zu erfüllen, sind neben den üblichen Anforderungen an eine Produktentwicklung wie

- Funktionalität und Design,
- Herstellbarkeit und Herstellungskosten,
- Serviceanforderungen

zusätzlich die spezifischen Anforderungen des Explosionsschutzes zu berücksichtigen. Dazu gehören insbesondere:

- **Normative Anforderungen des Explosionsschutzes an das Produkt**

Die Wahl der Zündschutzart erfüllt sämtliche Vorgaben der Ex-Schutz-Zone, in der das Gerät oder System eingesetzt werden soll.



- **Normative Anforderungen zur Bauartprüfung und Zertifizierung des Produkts**

Gemäß ATEX sind bestimmte Bedingungen einzuhalten, um eine Markteinführung des Gerätes oder Systems zu ermöglichen.



- **Normative Anforderungen an die Dokumentation des Produkts**

Explosionengeschützte Geräte erfordern einen höheren Dokumentationsaufwand; z.B. sind in der Bedienungsanleitung verpflichtende Hinweise zur Wartung und ggf. zum Laden von Geräten zu berücksichtigen.



Sämtliche Aspekte im Spannungsfeld zwischen Time-to-Market, Kosten, Funktionalität und Design müssen angemessen gewichtet und im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden.

Die üblichen Anforderungen an ein Produkt und die ATEX-Vorgaben stehen dabei häufig im Widerspruch zueinander:

- So kann eine glänzende Kunststoffoberfläche wegen der möglichen **statischen Aufladung** problematisch sein;
- ein vom Anwender gewünschtes Touch-Display kann eine mögliche **Funkenquelle** darstellen;
- oder der Einsatz in einer bestimmten Ex-Schutz-Zone kann eine besonders **robuste, hochdichte Ausführung** des Geräts erfordern, die wiederum einer einfachen Wartung und Reparatur entgegensteht.

Schließlich bringen die mit den ATEX-Vorgaben verbundenen zusätzlichen Test- und Zertifizierungsanforderungen einen erhöhten Zeitaufwand mit sich, der bei den Herstellungskosten zu Buche schlägt.



Beispiel explosionsgeschütztes Gehäuse

## Der Entwicklungsprozess – eine interdisziplinäre Aufgabe

Damit der Entwicklungsprozess trotz der vielen und teilweise widersprüchlichen Anforderungen im vorgesehenen Zeit- und Kostenplan bleibt, haben sich nach unserer Erfahrung bestimmte Maßnahmen bewährt. Dazu gehört insbesondere eine **abgestimmte Elektronik- und Mechanik-Entwicklung**. Auf diese Weise lassen sich die jeweiligen Anforderungen interdisziplinär betrachten und die unter allen Aspekten am besten geeigneten Lösungen finden.

Eine typische Herausforderung ist beispielsweise die optimale Nutzung des vorhandenen Platzes im Gehäuse und in den Elektronikbaugruppen. Dazu setzen wir bei embeX u.a. die folgenden Methoden erfolgreich ein:

- Berechnung der Gehäusefestigkeit im Hinblick auf den zu erwartenden Explosionsdruck mittels FEM-Methoden
- Thermische Simulation zur Planung des Wärmemanagements in der Elektronik; Einsatz von Wärmebildkameras zur Überprüfung
- Optimiertes Wärmemanagement; z.B. Wärmeleitung durch Gehäuseanbindung, freie oder erzwungene Konvektion, Leiterplatten mit Metallkern oder aus Keramik, dreidimensionale Leiterplatten u.a.m.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung eines explosionsgeschützten Produkts ist der **Zulassungsprozess** nach den gültigen Richtlinien und Normen – inklusive ATEX.

Zur Erreichung des Zulassungsziels sind zunächst unter Berücksichtigung der Entwicklungs- und Produktkosten die günstigsten Zündschutzarten zu ermitteln. Dabei können auch mehrere Zündschutzarten wie eigensichere Ausgänge (Ex-i), vergossene Elektronik (Ex-m) und druckfeste Kapselung (Ex-d) kombiniert werden.

---

*embeX-Tipp: Entwicklungs- und Herstellkosten lassen sich durch geeignete Wahl der Zündschutzarten und deren Kombinationen minimieren.*

---

Das geplante Konzept des Gehäuses und des inneren Aufbaus sollte vor Beginn der Konstruktion in einer Konzeptbeschreibung zusammengefasst werden. Es hat sich bewährt, dieses Ex-Schutz-Konzept frühzeitig mit der zuständigen Zulassungsstelle abzustimmen.

---

*embeX-Tipp: Eine frühzeitige Abstimmung zwischen den Bereichen Elektronik, Mechanik und Zulassung führt zu besseren Entwicklungsergebnissen und einer kürzeren Time-to-Market.*

---

## Werkstoffauswahl

Für die Ausführung explosionsgeschützter Gehäuse kommen verschiedene Werkstoffe und Konstruktionen in Frage, z.B. Druckguss, Feinguss, Schweißkonstruktionen oder Kunststoff-Spritzguss.

Nach Abschluss der Konstruktionsphase empfiehlt es sich, mit 3D-gedruckten Gehäusen im Originalwerkstoff und Elektronik-Dummies erste Vorversuche zum Explosionsdruck durchzuführen.

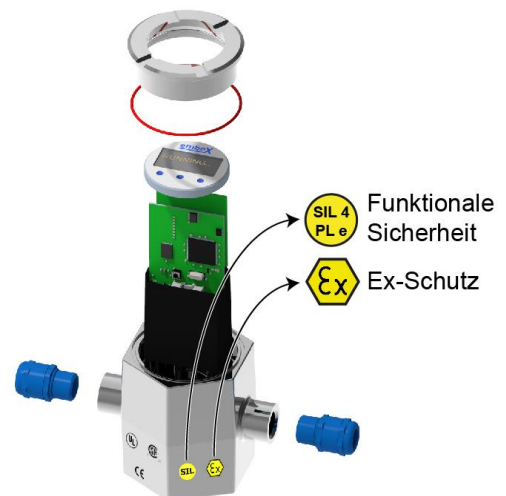
Die Ergebnisse gehen wieder in die Festigkeitsberechnung des Gehäuses ein. Auf diese Weise lassen sich die Risiken für die Werkzeugherstellung reduzieren und eine spätere, kostenintensive Anpassung vermeiden.

## Ex-Schutz und Funktionale Sicherheit

In Anlagen mit explosionsgefährdeten Bereichen treten häufig auch Anforderungen der Funktionalen Sicherheit auf.

Gemäß den Anforderungen der Norm IEC/EN 61508 sind somit entsprechende Schutzsysteme erforderlich, die ggf. ebenfalls im Rahmen des Entwicklungsprozesses zu berücksichtigen sind.

Mehr Infomation zur funktionalen Sicherheit finden Sie hier:



[www.embex.de/kompetenzen-technologien/funktionale-sicherheit](http://www.embex.de/kompetenzen-technologien/funktionale-sicherheit)



## Produktentwicklung – Best Practice by embeX

### Abgestimmter Entwicklungsprozess

- Zeitplan für Dokumente und Muster
- Vorbereitete Checklisten mit den Normanforderungen
- Verwendung standardisierter Templates für die Dokumentation
- Standardisierter Freigabeprozess mit Reviews

### Konzeptphase

- Festlegen der Explosionsschutzziele:
  - Anwendung in Gas, Staub oder Untertage
  - Zündtemperatur (damit ist auch die Gasart erfasst)
  - Einsatzregionen und dort anzuwendende Normen
- Enge Abstimmung zwischen Mechanik- und Elektronik-Entwicklung
- Sammlung sämtlicher Produkt-, Use-Case- und Normanforderungen
- Entwicklung eines Produktkonzepts entsprechend den Anforderungen
- Festlegung der zu verwendenden Zündschutzarten
- Spezifikation der Tests zur Verifikation
- Konzeptreview mittels standardisierter Checklisten, z.B. hinsichtlich Normkonformität
- frühzeitige Konzeptabstimmung mit der Zulassungsstelle und Freigabe mit allen Beteiligten

### Entwicklung

- Umsetzung der Anforderungen in Mechanik, Elektronik und Software
- Review der jeweiligen Ergebnisse
- Beschaffung und Aufbau von Testmustern
- Phasenmodell mit Labormuster, Prototyp, Nullserie und Serie

### Verifikation

- Test aller Komponenten gemäß Testspezifikationen
- Erfassung evtl. Abweichungen und der erforderlichen Änderungen je Phase
- Nachverfolgung und Dokumentation aller Änderungen

### Zertifizierung

- Erstellung der Zulassungsunterlagen für Mechanik, Elektronik und Software
- Planung der Baumusterprüfung
- Beschaffung und Aufbau der Testmuster
- Durchführung der Baumusterprüfungen, Bewertung der Unterlagen und Zertifizierung durch die Zulassungsstelle

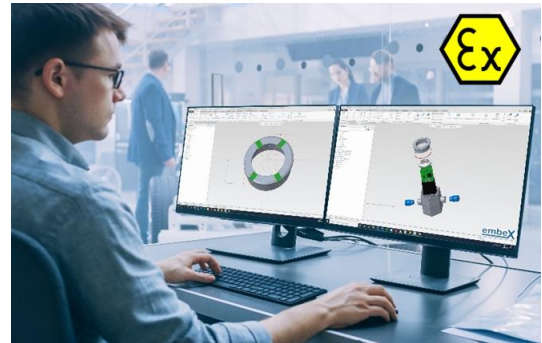
---

*Unsere langjährige Erfahrung als Entwicklungsdienstleister zahlt sich für Sie aus: Optimierte Prozesse vom ersten Konzept bis zur Zulassung und Dokumentation sparen Zeit und Kosten.*

---

## embeX – Kompetenz für Explosionsschutz

- Wir sorgen für optimierte, reibungslose Abläufe bei der Entwicklung von ATEX-konformen Produkten
- **embeX** deckt den kompletten Entwicklungsprozess ab.
- Mit der Idee fangen wir an und hören erst beim serienreifen Produkt mit den erforderlichen Zertifizierungen auf.
- Über 20 Jahre Erfahrung in der Industrie



Wir sind der führende Dienstleister **in Europa** für **Explosionsschutz** und **funktionale Sicherheit** und bieten:

- Eigensichere Elektronik (Ex-i)
- Druckfeste Gehäuse (Ex-d)  
sowohl für Gas- als auch Staub-Explosionsschutz

Der embeX **Entwicklungsprozess** wurde vom **TÜV** im Hinblick auf die Eignung für funktionale Sicherheit nach **IEC 61508 zertifiziert**. Deshalb können Sie sich auf einen **effizienten und schnellen Zertifizierungsprozess** für Ihre Produkte verlassen.



## Wir entwickeln Ihr Produkt – von der Idee bis zur Serie

Über **150 Spezialisten** verwirklichen Ihr Gerät oder System.

### Ihr Ansprechpartner:



Dipl.-Ing. **José Leonett**  
Leiter Geschäftsbereich  
Process Automation Marketing & Vertrieb  
[j.leonett@embex.de](mailto:j.leonett@embex.de)

Meine vollständigen Kontaktdaten:



Weitere Informationen über uns finden Sie auf unserer Webseite: [www.embex.de](http://www.embex.de)