



Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Ralph Stelzer (Hrsg.) **ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN** 2016
Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Dresden · 30. Juni – 1. Juli 2016

Programmkomitee Virtuelle Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Prof. Dr. Ralph Stelzer, TU Dresden

Prof. Dr. Michael Abramovici, Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Reiner Anderl, TU Darmstadt

Prof. Dr. Martin Eigner, Universität Kaiserslautern

Prof. Dr. Detlef Gerhard, TU Wien

Prof. Dr. Jivka Ovtcharova, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Rainer Stark, TU Berlin

Prof. Dr. Sandor Vajna, Universität Magdeburg

Prof. Dr. Sandro Wartzack, Universität Erlangen

Entwickeln – Entwerfen – Erleben 2016.
Beiträge zur Virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik
Herausgeber: Ralph Stelzer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 978-3-95908-062-0

© 2016 w.e.b. Universitätsverlag & Buchhandel
Eckhard Richter & Co. OHG
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19
<http://www.tudpress.de>

TUDpress ist ein Imprint von w.e.b.

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.
Layout und Satz: Technische Universität Dresden.
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration © 2016 TU Dresden
Printed in Germany.

Erscheint zugleich auf QUCOSA der SLUB Dresden
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-203878>



© 2016 SAP SE oder ein SAP-Konzernunternehmen. Alle Rechte vorbehalten.



KOMPLEXITÄT DREHT SICH IMMER NUR IM KREIS.



EINFACH TRIFFT ENTSCHEIDUNGEN.

Komplexität bremst Ihr Business aus. Denn je gewaltiger die Informationsflut, desto schwieriger die Entscheidungsfindung. SAP arbeitet daran, Dinge zu vereinfachen. Damit aus Daten Wissen und aus Wissen fundierte Entscheidungen werden, die Ihr Unternehmen weiterbringen. Finden Sie heraus, wie gemeinsam einfach möglich wird auf sap.de/runsimple

SAP[®] Run Simple

Anforderungen des Nicht-Elektrischen Explosionsschutzes im Produktentwicklungsprozess

Sabrina Herbst · Frank Engelmann · Karl-Heinrich Grote

1 Einleitung

Der Faktor Zeit nimmt in unserer heutigen Gesellschaft einen bedeutsamen Platz in den unterschiedlichsten Bereichen unseres Lebens und Wirkens ein. Beispielsweise verbreiten sich Nachrichten weltweit innerhalb von Minuten, Reisezeiten verkürzen sich von Tagen auf mehrere Stunden (Kurpjuweit 2013) und die Hersteller von Unterhaltungselektronik verkürzen die Produktlebenszyklen um neue Produkte schneller am Markt zu platzieren (Scheimann 2011).

Die Reduzierung des Produktlebens ist bei vielen anderen Produkten des Konsum- und Investitionsgütermarktes festzustellen, da die Markteintrittsstrategie den möglichen Absatz des Produktes bestimmt (Meffert et al. 2008, S. 445f.). Der Erfolg eines Produktes ist jedoch eine Folge aus unterschiedlichen Aspekten, wobei die Zeit, neben der Qualität und den Kosten, einer der Hauptparameter ist. Demzufolge ist das Zusammenspiel dieser drei voneinander abhängigen Faktoren auch im Produktentwicklungsprozess zu berücksichtigen, um die geforderten Ziele zu erreichen (Burghardt 2013, S. 23). Diese werden durch den technologischen Fortschritt, die veränderten Bedürfnisse der Kunden und den internationalen Wettbewerb bedingt (Cooper 2010, S. 8ff.).

Durch den Einsatz von strukturierten Produktentwicklungsprozessen können die Zielvorstellungen abteilungs- und aufgabenübergreifend berücksichtigt und kontrolliert werden. Anwendungsbeispiele für komplexe, aber systematische Produktentwicklungsprozesse sind in der Automobil- und IT-Branche zu finden (Braess 2013; Ruf & Fittkau 2008). Für die Produkte der Sicherheitstechnik muss bei der Entwicklung, Konstruktion und Fertigung jedoch ein Aspekt gesondert betrachtet werden – die Qualität. Es sind sehr hohe Anforderungen und Ansprüche zu erfüllen, die teilweise vom Gesetzgeber festgesetzt wurden, da die Sicherheit von Mensch und Maschine zu ge-

währleisten ist. Im Bereich des Explosionsschutzes, welcher als ein Teilgebiet der Sicherheitstechnik gilt, ist die Einhaltung von Richtlinien und Normen bei einer Produktentwicklung für den Markteintritt zwingend erforderlich. Neue Bauteile werden u.a. durch aufwändige Prüfungen von benannten Stellen erprobt. Diese Bedingungen beeinflussen den Produktentwicklungsprozess und die Konstruktionsmethodik im Explosionsschutz fundamental und charakterisieren den kosten- und zeitintensiven Vorgang durch aufwändige Iterationen (Träger et al. 2005).

2 Produktentwicklungsprozess

2.1 Definition von Strukturen und Hilfsmitteln

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts gibt es Versuche eine strukturierte Vorgehensweise für die Entwicklung von Produkten zu definieren. Nach unterschiedlichen Modellen von Wögerbauer (1943), Kesselring (1954) und Hansen (1965) entwickelten verschiedene Autoren Mitte des 20. Jahrhunderts, darunter seien Rodenacker (1970), Hubka (1973/1976), Pahl und Beitz (1977) genannt, ähnliche Ansichten und Modelle zur methodischen Produktentwicklung. Ein allgemein strukturierter, im deutschsprachigen Raum gültiger Produktentwicklungsprozess ist das Resultat der *VDI-Richtlinie 2221* „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ (*VDI-Richtlinie 2221* 1986), welches alle vorhergehenden Studien berücksichtigt (Bender 2004, S. 12–47; Pahl et al. 2013, S. 11–23).

Die aktuell gültige Version der *VDI-Richtlinie 2221*, 2. Auflage von 1993, beschreibt einen Entwicklungs- und Konstruktionsprozess mit sieben Arbeitsschritten, siehe Abbildung 1. Die einzelnen Arbeitsschritte können bei Bedarf durch Iterationen mehrfach bearbeitet werden. Durch Anpassungen, die je nach Branche und Unternehmen erforderlich sind, ist es möglich den allgemein gültigen Produktentstehungsprozess in der Praxis anzuwenden.

Des Weiteren werden in der *VDI-Richtlinie 2221 (1993)*, *VDI-Richtlinie 2222 – Blatt 1 (1997)* und *Blatt 2 (1982)* branchenübergreifende Methoden aufgezeigt, welche die Arbeitsweise in den einzelnen Arbeitsschritten des Prozesses unterstützen. Dazu zählen intuitiv betonte Methoden wie Kreativitätstechniken sowie diskursiv betonte Methoden wie Konstruktionskataloge.

Die Bildung von Entwicklungs- und Konstruktionshilfsmitteln begann mit den Überlegungen zu einem strukturierten Produktentwicklungsprozess. Von einer werkstatorientierten Konstruktion (ca. 1850) über das methodische Konstruieren (ca. 1950) findet heute die rechnerorientierte Produktmodellierung bzw. die virtuelle Produktentwicklung Anwendung (Pahl et al. 2013, S. 9).

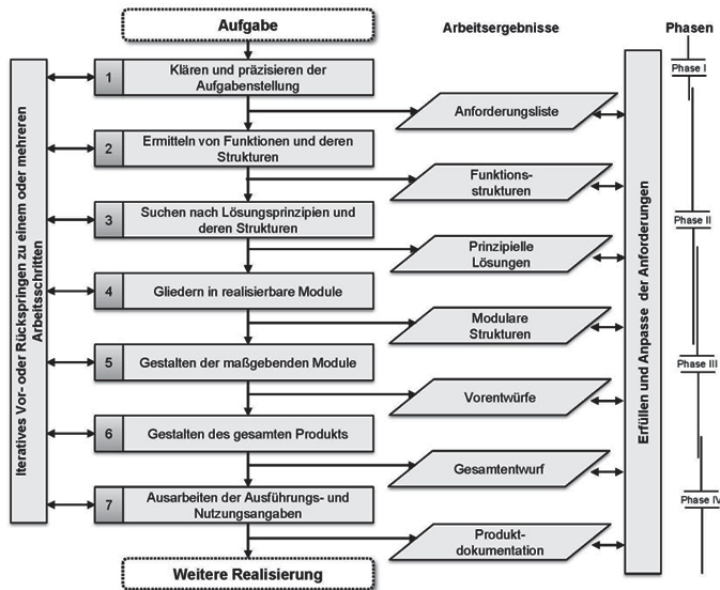


Abbildung 1: Vorgehensweise beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221 (1993)

2.2 Rechtsrahmen der Produktentwicklung

Konstrukteure und Produktentwickler sollten Kenntnisse zu dem rechtlichen Rahmen besitzen, in dem sie tätig sind. Leider zeigt die Praxis manchmal ein anderes Bild. Wird in einem Unternehmen ein Produkt entwickelt, welches durch einen Fehler beispielsweise die Verletzung einer Person verursachte, kann dies Folgen durch das Zivilrecht, das öffentliche Recht, das Strafrecht und das Arbeitsrecht haben.

Durch das Zivilrecht werden u.a. private Verträge behandelt. Bestellt ein Kunde eine Sonderanfertigung für ein Produkt, so ist zum Beispiel der Leiter der Konstruktion für mögliche Konstruktionsfehler verantwortlich. Zivilrechtliche Folgen können durch Versicherungen gemindert werden. Legt das öffentliche Recht durch Richtlinien Anforderungen fest, müssen diese für das Inverkehrbringen erfüllt werden. Die Einhaltung der Forderungen wird durch Behörden kontrolliert. Für das Gebiet der Sicherheitstechnik ist dieser Rechtsbereich sehr bedeutsam. Das Strafrecht ist anzuwenden, wenn die Ursache für eine Körperverletzung oder den Tod der Fehler eines Produktes war. Die Folgen einer Verurteilung müssen persönlich getragen werden und können nicht durch Versicherungsschutz gemindert werden. Arbeitsrechtli-

che Konsequenzen sind in allen Fällen möglich, da der Arbeitgeber den Verursacher für mögliche Folgen belangen kann. (Neudörfer 2014, S. 11f)

3 Explosionsschutz

3.1 Definition

Der Begriff „Explosionsschutz“ wird häufig ausschließlich mit den Bereichen des Bergbaues und der Chemischen Industrie verbunden. Dahingegen existieren eine Vielzahl von Produkten und Prozessen, die ebenfalls einen Bezug zum Explosionsschutz aufweisen und diesen notwendig machen. Objekte aus dem alltäglichen Leben, wie beispielsweise Textilien, Holzmöbel oder Backwaren gehören zu diesen, da bei der Herstellung dieser Erzeugnisse aufgrund der freiwerdenden bzw. eingesetzten Materialien explosionsfähige Atmosphären entstehen können, in denen durch das Zuführen einer Zündquelle eine Explosion möglich ist.

Nach der Definition der Norm *ISO 8421 Teil 1* (1987) ist eine Explosion eine „plötzliche Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beider gleichzeitig“. Drei Faktoren bilden die Voraussetzung für diese Reaktion: brennbarer Stoff, Oxidationsmittel und Zündquelle (Greiner 2006, S. 51). Der brennbare Stoff, welcher in einer definierten Konzentration vorliegen muss, bildet mit dem Oxidationsmittel eine explosionsfähige Atmosphäre. Durch eine Zündquelle entsteht eine schlagartige Verbrennung des Gemisches, die Explosion. Abbildung 2 stellt diese Zusammenhänge schematisch dar.

Durch den Explosionsschutz sollen die Gefährdungen durch eine Explosion vermieden bzw. minimiert werden. Infolge der unterschiedlichen Stufen des Schutzes teilt sich das Gebiet in den Primären, den Sekundären und Tertiären Explosionsschutz. Mit Hilfe des Primären Explosionsschutzes wird die Sicherheit durch die Vermeidung der Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre gewährleistet. Beim Sekundären Explosionsschutz stehen Maßnahmen zur Unwirksamkeit der möglichen Zündquellen im Mittelpunkt. Die Begrenzung der Folgen einer Explosion wird durch den Tertiären Explosionsschutz betrachtet. Generell ist die Anwendung des Primären Explosionsschutzes vorzuziehen, da dieser die größte Sicherheit bieten kann. Diese Gliederung und deren Definitionen werden jedoch in Fachkreisen häufig diskutiert. (Gohm 2016, S. 39-47)

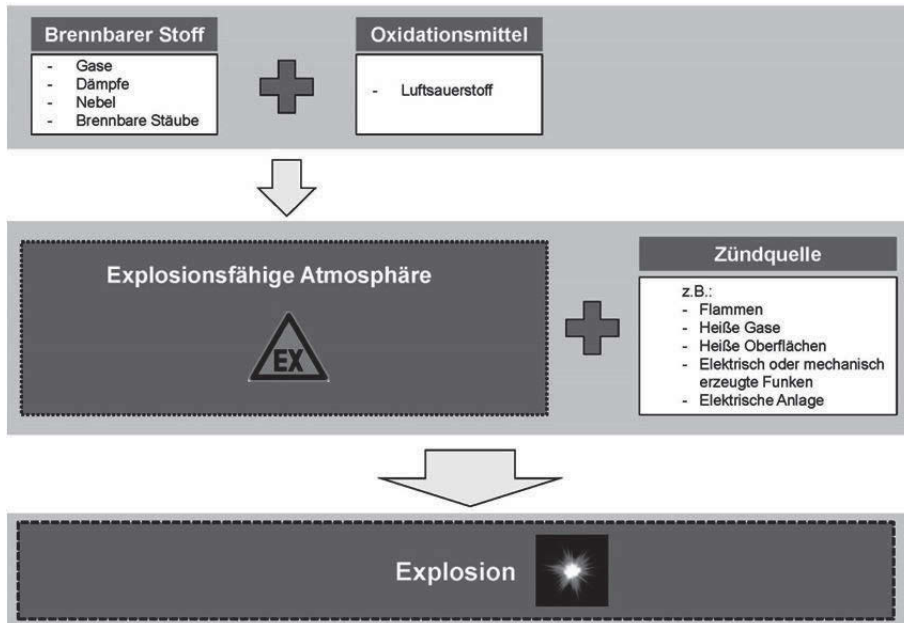


Abbildung 2: Voraussetzung und Entstehung einer Explosion

3.2 Rechtsrahmen des Explosionsschutzes in Europa

Eine weitere Möglichkeit der Systematisierung ist die Trennung in elektrischen und nicht-elektrischen Explosionsschutz. In den Bereichen werden die Schwerpunkte, wie die Namen bereits verdeutlichen, auf elektrische und nicht-elektrische Geräte bzw. Baugruppen gelegt. Die Ursache für die Unterscheidung liegt in der Historie des Fachgebietes.

Der Explosionsschutz entwickelte sich durch den Bergbau. Da es oftmals Explosionen durch den Einsatz von Grubenlampen gab, war das erste explosionsgeschützte Gerät die zündsichere Davy-Lampe im Jahre 1815 (Von Pidoll 2015, S. 7). Mit der industriellen Revolution und dem Beginn des Einsatzes von Elektromotoren erfolgten Untersuchungen zu den Ursachen und möglichen Schutzmaßnahmen für Explosionen (Von Pidoll 2015, S. 9f). Um die Einhaltung der Sicherheit zu garantieren, wurde im Jahr 1943 die „Polizeiverordnung über elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Räumen und Betriebsanlagen“ erlassen (Gohm 2016, S. 18). Infolgedessen ist der Betreiber vollumfänglich für den Schutz seiner Arbeitnehmer verantwortlich.

Die Anforderungen an explosionsgeschützte elektrische Produkte und deren Umgang wurde durch unterschiedlichen Richtlinien und Normen geregelt. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts begann europaweit die Angleichung der Normen durch Harmonisierung, dabei waren die in Deutschland gewonnen Erkenntnisse im Bereich des Explosionsschutzes von großer Bedeutung. (Gohm 2016, S. 17-20)

Durch die Einführung der alleinigen Gültigkeit der EG-Richtlinien Atmospheres Explosibles, die sogenannten ATEX-Richtlinien, wurden im Jahr 2003 essentielle Änderungen im europäischen Rechtsrahmen des Explosionsschutzes umgesetzt. Um die Gefahren einer Explosion in betroffenen Bereichen weiterhin zu reduzieren, existieren fortan zwei Richtlinien. Zum einen die *EG-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95)* als Herstellerrichtlinie und zum anderen die *EG-Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137)* als Betreiberichtlinie. Demzufolge wurden u.a. die Geltungsbereiche und die Verantwortlichkeiten zwischen Produktherstellern und Anwendern explosionsgeschützter Geräte eindeutig definiert. Eine weitere fundamentale Änderung ist die erstmalige Einbeziehung der nicht-elektrischen Geräte im Explosionsschutz. Die Anforderungen der Richtlinien müssen im nationalen Gesetz umgesetzt werden. Da die *EG-Richtlinie 94/9/EG am 20.04.2016* durch die *EU-Richtlinie 2014/34/EU* ersetzt wird, gestaltet sich der aktuelle Rechtsrahmen wie in Abbildung 3 dargestellt.

4 Anforderungen des Nicht-Elektrischen Explosionsschutzes

Die Komplexität der Richtlinien und Normen zeigt, dass der Gesetzgeber die Gefährdungsfreiheit und die Arbeitssicherheit als oberste Priorität des Explosionsschutzes festlegt. Somit ist bei der Entwicklung und dem Einsatz von Maßnahmen diesen Anforderungen Folge zu leisten. Um diese zu gewährleisten, müssen u.a. definierte Prüfungen von den in den Richtlinien benannten Prüfstellen durchgeführt werden. Dabei werden die Schwachpunkte des Produktes aufgezeigt. Diese können durch Mängel in der Konstruktion, Unkenntnis im Bereich des Explosionsschutzes und Vorgehensweisen in der Fertigung entstehen (Engelmann et al., 2005). Mit Hilfe von iterativen Prozessen in der Produktentwicklung, die jedoch zum Anstieg des Aufwandes führen, müssen die Produkte optimiert werden. Dabei verursacht jede Schwachstelle, die zu einem späteren Zeitpunkt entdeckt wird, exponentiell steigende Kosten (Benes & Groh 2014, S. 32ff).

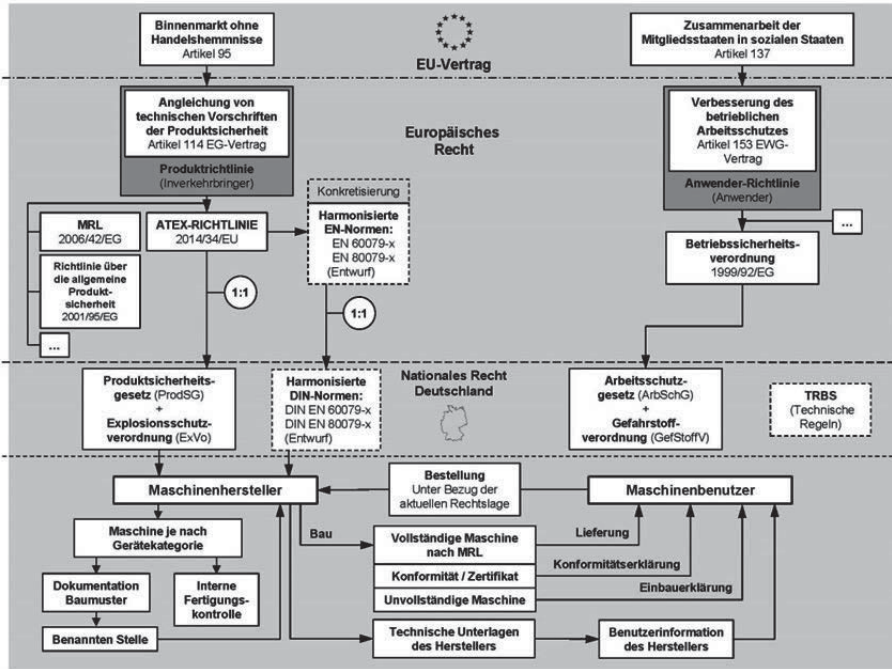


Abbildung 3: Rechtsrahmen des Explosionsschutzes in Deutschland

Bei der Produktentwicklung müssen aber auch die Anforderungen des Kunden, des Betreibers und des eigenen Unternehmens berücksichtigt werden. Zum einen müssen vielseitig einsetzbare Produkte mit einer hohen Variantenvielfalt entwickelt werden, die eine lange Lebensdauer unter extremen klimatischen Verhältnissen besitzen und unter schwersten Bedingungen zu warten sind. Zum anderen muss die Erbringung der geforderten Qualität und die Berücksichtigung eines breiten Spektrums von Normen und Richtlinien, welche eine regelmäßige Aktualisierung durchlaufen, sichergestellt werden. Verallgemeinert wird der Prozess demnach von unterschiedlichsten Parametern der Produkte, der Branche, der Sicherheit und des einzelnen Unternehmens beeinflusst, siehe Abbildung 4. Erfolg in diesem Nischenmarkt können die Unternehmen nur durch Personal, Methoden und Erfahrungen gewährleisten.

Der Einsatz von Methoden und Hilfsmitteln gestaltet sich jedoch sehr minimalistisch. Ein eigens für die Produktentwicklung im Explosionsschutz generierter Prozess ist der Literatur, den Normen und den Gesetzen nur in Ansätzen zu entnehmen. In den Gesetzen und den Normen werden hauptsächlich die Produkthanforderungen abgebildet. Der in der VDI-Richtlinie

dargestellte Produktentwicklungsprozess und dessen unterstützende Methoden können aufgrund der genannten Einflüsse nur teilweise auf den Bereich des Explosionsschutzes angewendet werden. Die Einbindung der Normen und des Zertifizierungsprozesses kann nicht vollständig und ohne hohen Anstieg der Kosten generiert werden.

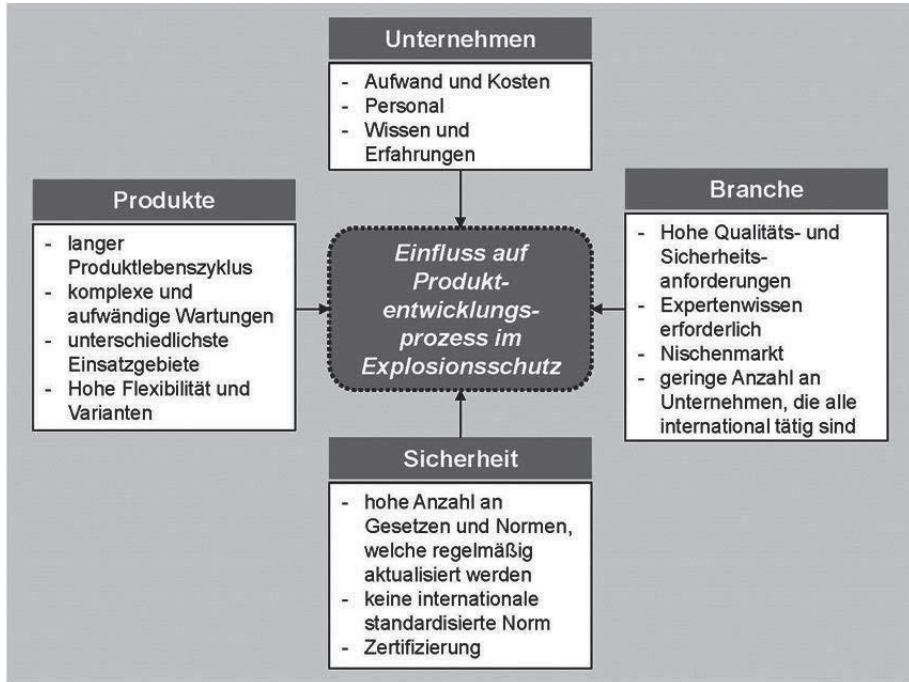


Abbildung 4: Einflussparameter des Produktentwicklungsprozesses im Explosionsschutz

Aufgrund der Historie konnten im Bereich des elektrischen Explosionsschutzes viele Erfahrungen im Umgang mit den Normen und dem Produktentwicklungsprozess gesammelt werden. Dementsprechend existieren einige unterstützende Werke, die dem Konstrukteur bei der Entwicklung von Bauteilen helfen können. Derartiges Wissen und auch Hilfsmittel existieren für den nicht-elektrischen Explosionsschutz nicht. Seit 150 Jahren werden nicht-elektrische Geräte im Explosionsschutz eingesetzt (Gohm 2016, S. 199), jedoch wird dieses Fachgebiet erst seit ca. 20 Jahren durch eindeutige Anforderungen in Richtlinien und Normen charakterisiert. Eine für den nicht-elektrischen Explosionsschutz bedeutsame Normreihe ist die *DIN EN 13463*. In den einzelnen Normen werden die spezifischen Zündschutzarten

dargestellt. Des Weiteren enthalten die Normen Anforderungen und Hinweise zur zündschutzartgerechten Gestaltung.

Der nicht-elektrische Explosionsschutz ist ein wichtiger Bestandteil des Sekundären Explosionsschutzes. Soll beispielsweise eine konventionelle Hochdruckkreiselpumpe im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt werden, findet der Sekundäre Explosionsschutz Anwendung. Elektrische Komponenten sind mit einer Zulassung für den gefährdeten Bereich einzusetzen. Darüber hinaus existieren viele Zündquellen, die dem nicht-elektrischen Bereich zuzuordnen sind, wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist.

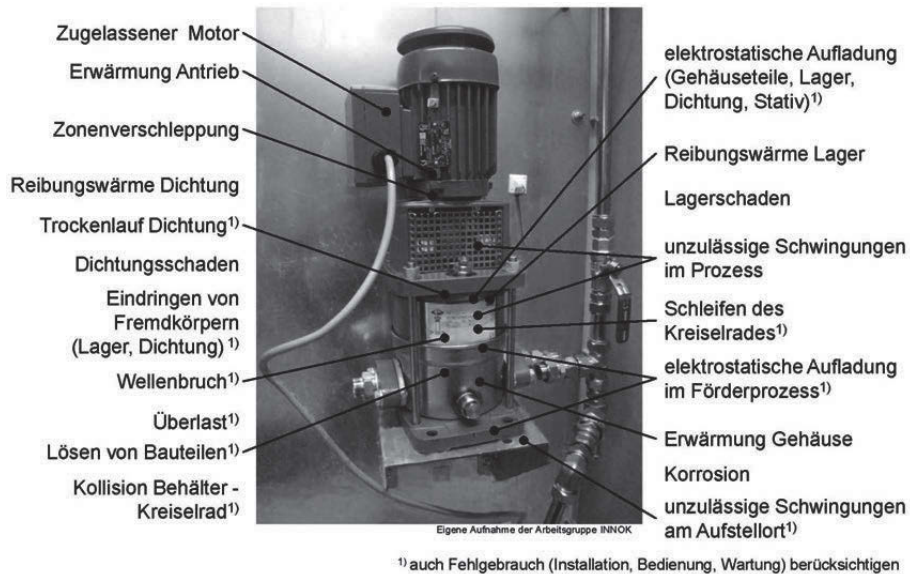


Abbildung 5: Mögliche Zündquellen einer Hochdruckkreiselpumpe

Das Wirksamwerden dieser potentiellen Zündquellen muss durch den Einsatz von ausgewählten Zündschutzarten verhindert werden. Mit der Zündschutzart „Konstruktive Sicherheit“ lässt sich eine Vielzahl von potentiellen Zündquellen, die wirksam werden könnten, kostengünstig und einfach vermeiden bzw. das Risiko auf ein vertretbares Maß beschränken. Die Anwendung dieser Zündschutzart gestaltet sich jedoch sehr schwierig, da es keine eindeutigen Hinweise und Hilfsmittel für die explosionsgeschützte Dimensionierung und Auslegung gibt.

Die Entscheidung für eine Zündschutzart erfolgt dagegen zu einem sehr frühen Zeitpunkt des Produktentwicklungsprozesses. Durch diese Festlegung werden die Kosten für die gesamte restliche Produktentwicklung definiert, da diese ein Resultat des spezifischen Prüf- und Zertifizierungsprozesses der Zündschutzart sind. Des Weiteren ist durch die Wahl der Zündschutzart keine Garantie für eine erfolgreiche Zulassung gegeben.

Folgen dieser Intransparenz sind Konzeptfehler, konstruktive Fehler und Unwissen, die zur Wiederholung der Zertifizierung führen. Längerfristig entstehen Entwicklungshemmnisse bei Innovationen, da ein erhöhtes Risiko für zusätzlichen Aufwand besteht.

5 Lösungsansätze

Ziel dieses Projektes ist die Anpassung der Konstruktionsmethodik, so dass diese im Besonderen für den nicht-elektrischen Explosionsschutz genutzt werden kann, um Zeit und Kosten im Produktentwicklungsprozess zu senken und Entwicklungssicherheit zu schaffen. Durch die Analyse der Anforderungen des nicht-elektrischen Explosionsschutzes ergeben sich zwei Lösungsansätze um den Produktentwicklungsprozess zu optimieren. Zum einen müssen Hilfsmittel geschaffen werden, welche bei der Erarbeitung von Wirkstrukturen und der damit verbundenen Entscheidung der Zündschutzart unterstützen. Zum anderen sind Methoden und Werkzeuge für die explosionsschutzgerechte Gestaltung und Dimensionierung erforderlich. Abbildung 6 zeigt die prozessseitige Einordnung der Lösungsansätze im Produktentwicklungsprozess nach der *VDI-Richtlinie 2221*.

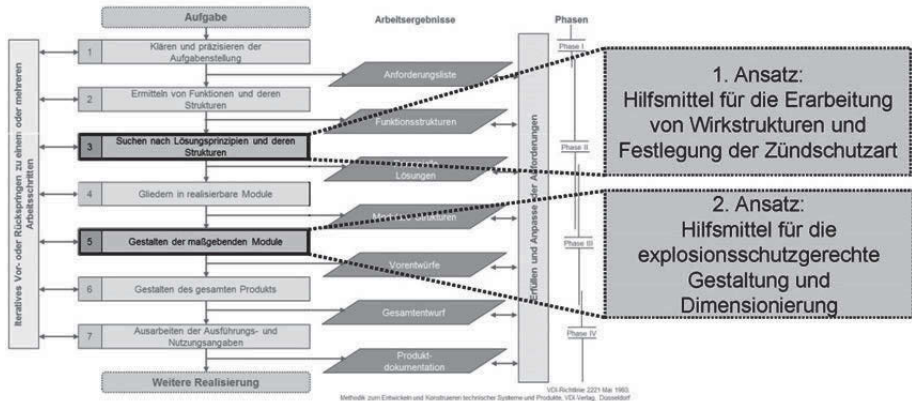


Abbildung 6: Lösungsansätze zur Optimierung des Produktentwicklungsprozesses im nicht-elektrischen Explosionsschutz

Ein Hilfsmittel für den ersten Ansatz ist der Einsatz von speziellen Checklisten. Durch diese lassen sich methodische und strukturierte Arbeitsweisen sicherstellen. Der Konstrukteur kann anhand ausgewählter Fragen und Punkte die für seine Produktidee technisch sinnvollste und wirtschaftlichste Zündschutzart auf Basis der aktuellen Normung feststellen.

In der Phase der Produktgestaltung, zweiter Lösungsansatz, können Konstruktionskataloge mit ausgewählten Beispielen bei der Dimensionierung für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen helfen. Prinzipiell ist jeder Konstrukteur in der Lage seine Bauteile unter der Berücksichtigung des Standes der Technik und der Einsatzbedingungen zu konstruieren. Die Hürde ist die anschließende explosionsgeschützte Auslegung. Bei beiden Varianten sind Störungen und Risiken zu vermeiden. Im Bereich des nicht-elektrischen Explosionsschutzes muss die Wahrscheinlichkeit für eine Gefährdung so gering wie nur möglich sein. Daher können auch Beispielsammlungen von Sicherheitsfaktoren ein mögliches Hilfsmittel sein. Des Weiteren sind die Anforderungen der Normen transparent darzustellen.

Generell ist der Produktentwicklungsprozess nach der *VDI-Richtlinie 2221* für den Bereich des nicht-elektrischen Explosionsschutzes anzupassen. Eine Konstruktionsmethodik mit der Integration der benannten Hilfsmittel ist zu entwickeln um einen ganzheitlichen und transparenten Prozess darzustellen, der in einer Expertendatenbank verankert ist.

6 Fazit und Ausblick

Durch die genannten Ziele können die Tätigkeiten im Produktentwicklungsprozess auf signifikante Art und Weise optimiert werden. Es ist ein gesamtgesellschaftlicher Fortschritt in der Branche des nicht-elektrischen Explosionsschutzes möglich. Primäres Ziel ist es, dem Konstrukteur in der Praxis Werkzeuge und Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, welche es ihm ermöglichen, eine hohe Entwicklungssicherheit zu erlangen. Infolgedessen gestaltet sich ein planbarer Produktentwicklungsprozess. Die Faktoren Zeit, Kosten und Qualität sind abschätzbar und den möglichen Abweichungen kann durch den Einsatz von gezielten Maßnahmen entgegen gewirkt werden. Es können Vorteile beim Zeitpunkt des Markteintrittes entstehen und gesetzte Unternehmensziele erreicht werden. Zudem sind Konstrukteure, welche nur geringe Erfahrungen im Bereich des Explosionsschutzes haben, in der Lage sich effektiver und effizienter in das für sie neue Gebiet zu integrieren. Somit ergibt sich eine Vielzahl an Vorteilen, welche durch die Umsetzung der gewählten Lösungsansätze entstehen.

Neben den dargestellten Themen sollen auch die aktuellen Forschungsansätze im Bereich des Explosionsschutzes, wie beispielsweise der Einsatz

von Leichtbau, in allen Aspekten und Teilzielen berücksichtigt werden. Dementsprechend sind auch Innovationen aus anderen Bereichen des Maschinenbaus zu beachten, deren Einsatz auch im Explosionsschutz vorstellbar wäre.

Literaturverzeichnis

- Bender, B. 2004: *Erfolgreiche individuelle Vorgehensstrategien in frühen Phasen der Produktentwicklung*. Berlin: Technische Universität, Fakultät für Verkehrs- und Maschinensysteme, Dissertation
- Benes, G. M.E.; Groh, P. E. 2014: *Grundlagen des Qualitätsmanagements*. München: Carl Hanser Verlag – ISBN: 978-3-446-44223
- Braess, H.-H.; Breitling, T.; Ehlers, C.; Grawunder, N.; Hackenberg, U.; Liskowsky, V.; Widmann, U. 2013: *Produktentstehungsprozess*. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. 7. Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, S. 1133-1218 – ISBN: 978-3-658-01690-6
- Burghardt, M. 2013: *Einführung in Projektmanagement; Definition, Planung, Kontrolle, Abschluss*. Erlangen: Publicis Publishing – ISBN: 978-3-89578-400-2
- Cooper, R. G. 2010: *Top oder Flop in der Produktentwicklung; Erfolgsstrategien: Von der Idee zum Launch*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA – ISBN 978-3-527-50512-8
- DIN EN 13463 (Normreihe): *Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen*
- Engelmann, F.; Grote, K.-H.; Sohn, D.; Träger, R. 2005: *Weiterentwicklung der Konstruktionsmethodik für elektrische Betriebsmittel im Explosionsschutz*. In: 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium. Mechanical Engineering from Macro to Nano, Technische Universität Ilmenau: Verlag Isle, S. 591/592 – ISBN 3-932633-98-9; In: 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium. Mechanical Engineering from Macro to Nano, Technische Universität Ilmenau, 19.-23.09.2005, Albrechts: CDA Datenträger Albrechts GmbH – ISBN 3-932633-99-7
- Gohm, W. 2016: *Explosionsschutz in der MSR-Technik*. Berlin/Offenbach: VDE Verlag GmbH – ISBN: 978-3-8007-3943-1
- Greiner, H. 2006: *Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen*. München/Heidelberg: Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co. Fachliteratur KG – ISBN: 978-3-8101-0235-5
- ISO 8421 Teil 1 März 1987: *Brandschutz; Begriffe; Teil 1: Allgemeine Benennungen und Branderscheinungen*
- Kurpjuweit, K. 2013: *Im ICE in vier Stunden von Berlin nach München*. <http://www.tagesspiegel.de/berlin/schnellfahrstrecke-im-ice-in-vier-stunden-von-berlin-nach-muenchen/8708892.html>, veröffentlicht am 29.08.2013, abgerufen am 29.03.2016

- Meffert, H.; Burmann, C. & Kirchgeorg, M. 2008: *Marketing, Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung*. Wiesbaden: Gabler Verlag
- Neudörfer, A. 2014: *Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag – ISBN: 978-3-642-45446-2
- Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H. 2013: *Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*. Berlin: Springer – ISBN 978-3-642-29568-3
- Richtlinie 94/9/EG 2003: *Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen*
- Richtlinie 1999/92/EG 2006: *Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können*
- Richtlinie 2014/34/EU 2014: *Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen* (Neufassung)
- Ruf, W. & Fittkau, T. 2008: *Ganzheitliches IT-Projektmanagement*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH – ISBN: 978-3-486-58567-4
- Scheimann, T. 2011: *Immer schneller neuer*.
<http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/produktlebenszyklen-immer-schneller-neuer/4041756.html>, veröffentlicht am 10.04.2011, abgerufen am 29.03.2016
- Träger, R.; Sohn, D.; Engelmann, F. & Ha Dong, K. 2005: *Fehleranalyse bei der konstruktiven Gestaltung von Gehäusen der Zündschutzart „Druckfeste Kapselung“*. In: 3. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, Magdeburg, 16./17.06.2005. Aachen: Shaker-Verlag, S. 285-299 – ISBN 3-8322-3971-5
- VDI-Richtlinie 2221 1986: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag
- VDI-Richtlinie 2221 1993: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag
- VDI-Richtlinie 2222 – Blatt 1 1997: Konstruktionsmethodik - Methodisches *Entwickeln von Lösungsprinzipien*. Düsseldorf: VDI-Verlag
- VDI-Richtlinie 2222 – Blatt 2 1982: *Konstruktionsmethodik – Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen*. Düsseldorf: VDI-Verlag
- Von Pidoll, U. 2015: *Explosionsschutz in der CTR und Weiterführung der Aufgaben in Ihren Nachfolgeorganisationen*. In: PTBbericht Ex-7, August 2015, ISBN: 978-3-95606-192-9

Kontakt

M. Sc. Sabrina Herbst
Ernst-Abbe-Hochschule Jena
Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen
Carl-Zeiss-Promenade 2
07745 Jena
www.wi-konstruktion.eah-jena.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Engelmann
Ernst-Abbe-Hochschule Jena
Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen
Professur Konstruktion für Wirtschaftsingenieure
Carl-Zeiss-Promenade 2
07745 Jena
www.wi-konstruktion.eah-jena.de

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinrich Grote
Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Institut für Maschinenkonstruktion
Lehrstuhl Konstruktionstechnik
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
<http://lkt.mb.uni-magdeburg.de>