
1 Einleitung

Der Betrieb technischer Anlagen ist grundsätzlich mit Gefährdungen für Mitarbeiter und Umwelt verbunden. Um das von den Anlagen ausgehende Risiko auf einem möglichst geringen und akzeptablen Niveau zu halten und beim Betrieb technischer Anlagen ein Mindestmaß an Schutzmaßnahmen zu gewährleisten, hat der Gesetzgeber eine Vielzahl an Vorschriften erlassen. Ob und wie diese Vorschriften auf den jeweils vorliegenden Sachverhalt anzuwenden sind, ist vom jeweiligen Anlagenbetreiber zu ermitteln. Auf Grund der Vielzahl der Vorschriften, ihrer unübersichtlichen Struktur sowie der juristischen Sprache ist dieser Vorgang häufig sehr anspruchsvoll und stellt viele Anlagenbetreiber vor Probleme. Das kurzfristige und vollständige Ermitteln von zu beachtenden Anforderungen ist in der Regel nicht möglich, da sich diese selten aus einer einzelnen Vorschrift ergeben.

Vorschriftensammlungen, auch in elektronischer Form, helfen an dieser Stelle nur bedingt, da die durch sie zu leistende Unterstützung maßgeblich durch die Vorkenntnisse ihres Anwenders bestimmt wird. Somit besteht ein großer Bedarf nach klareren und einfacheren Strukturen bei den Vorschriften und einer Verringerung der Vorschriftenanzahl. Die Bemühungen des Gesetzgebers gehen in diese Richtung, allerdings führen die Ansätze unter der Überschrift »Bürokratieabbau« derzeit noch nicht zu deutlich messbaren Erfolgen. Durch die Zusammenführung von Regelungen in einer Vorschrift wird zwar teilweise die Anzahl der Vorschriften verringert, die Verständlichkeit steigt dadurch allerdings nicht. Gleichzeitig kann die Aufhebung klarer Regelungen auch mehr Unsicherheit schaffen, als sie beseitigt.

Es besteht somit bei den Anwendern ein hoher Bedarf nach Unterstützung. Da interne Fachkräfte häufig rar und teuer sind, wird diese Unterstützung über externe Dienstleister eingekauft; sie ist dann aber auch nur im Rahmen des geschlossenen Vertrages verfügbar. An dieser Stelle scheint sich der Einsatz von Softwarelösungen anzubieten, die die Ermittlung der zu beachtenden Vorschriften und die Überwachung der Einhaltung der Regelkonformität im Zuge der Rechtsentwicklung unterstützen.

Inwieweit dies tatsächlich möglich ist, wurde am Beispiel der Lagerung von Gefahrstoffen untersucht. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass zum einen umfangreiche logistische Rahmenbedingungen und zum anderen eine Vielzahl an gesetzlichen Anforderungen auf Grund der Eigenschaften des Lagergutes zu beachten sind. Die Art der zu beachtenden Anforderungen kann sich dabei jederzeit mit einem Wechsel des Lagergutes im Lager verändern, deshalb muss eine möglichst kurzfristige Aussage über die Konformität einer geplanten Lagerung mit den gesetzlichen Grundlagen möglich sein. Dieses Beispiel steht stellvertretend für viele technische Prozesse, bei denen technische Anforderungen zur Prozessoptimierung mit den gesetzlichen Anforderungen in Einklang zu bringen sind.

Nach der Darstellung der Motivation und Zielsetzung dieser Arbeit in Kapitel 2 wird im dritten Kapitel dargelegt, welche grundlegenden Aspekte der

Logistik und der Sicherheitstechnik in Hinblick auf die Lagerung von Gefahrstoffen berücksichtigt wurden. In diesem Zusammenhang werden die rechtlichen Rahmenbedingungen, die für dieses Beispiel maßgebend sind, kurz erläutert. Ergänzt wird die Darstellung des derzeitigen Standes der Technik durch Grundlagen zu Assistenzsystemen, bereits existierenden Softwarelösungen und Konzepten. Am Ende des Kapitels folgt eine Zusammenfassung der wesentlichen Punkte, die gleichzeitig den Rahmen für die Verfahrensentwicklung bilden.

Das Konzept zur Erreichung der in Kapitel 2 formulierten Ziele, das auf der Grundlage der in Kapitel 3 beschriebenen Aspekte entwickelt wurde, wird in Kapitel 4 beschrieben. Hierzu gehören die berücksichtigten Anwendungsszenarien und der abgeleitete Anforderungskatalog. Da die Lagerung von Gefahrstoffen nur ein Beispiel für die Anwendung der Methode sein soll, wird kurz auf weitere Anwendungsmöglichkeiten eingegangen. Es folgt die Beschreibung der entwickelten Systemstruktur mit einer kurzen Darlegung der gewählten Technik, bevor am Ende des Kapitels das eigentliche Konzept beschrieben wird.

Das fünfte Kapitel dient der Beschreibung, wie das Konzept mit seinen Ausgestaltungsmöglichkeiten in eine Software umgesetzt wurde. Hierzu wird abschließend exemplarisch die Arbeitsweise des Systems dargestellt. Kapitel 6 legt Systempflege und Erweiterungsmöglichkeiten der entwickelten Lösung dar.

Hierzu erfolgt auch eine Diskussion der Einsatzgrenzen der entwickelten Methode und des umgesetzten Systems. Hierbei wird betrachtet, ob die erforderliche Risikoreduzierung bei der Lagerung erreicht werden kann, welche Haftungsfragen zu berücksichtigen sind und welche Anwendungsgrenzen für eine solche Lösung existieren. Die Zusammenfassung in Kapitel 7 stellt die wesentlichen Punkte noch einmal dar und gibt einen Ausblick auf die weitere Entwicklung sowie den Einsatz der entwickelten Methode.

2 Motivation und Zielsetzung

Vor den eigentlichen Inhalten legt das folgende Kapitel dar, welche Punkte die Durchführung dieser Arbeit motiviert haben und welche Ziele der Arbeit zu Grunde gelegt wurden.

2.1 Motivation

In ihrem Eckpunktepapier von 2010 beschreibt die Arbeitsgruppe des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V. die Logistik als anwendungsorientierte Wissenschaftsdisziplin. Herausragendes Merkmal der Logistik ist hierbei ihr interdisziplinärer Ansatz, der durch die Zusammenführung verschiedener anwendungsorientierter Wissenschaften, z. B. Betriebs- und Volkswirtschaftslehre und Ingenieurwissenschaften, erreicht wird. Hiermit geht einher, dass wissenschaftliche Herausforderungen grundsätzlich aus mehreren Sichten betrachtet werden.

Gemäß dem Eckpunktepapier des BVL beschäftigt sich die Wissenschaftsdisziplin Logistik mit der Interpretation von wirtschaftlichen Vorgängen als Flüsse von Gütern, Informationen, Menschen, Werten und anderen Objekten in Netzwerken. Hieraus entwickelt die Logistik eine Begriffswelt, die auch auf andere Gebiete übertragen werden kann, um die Wirtschaftlichkeit im jeweiligen Anwendungsbereich zu verbessern.

Die zunehmende strukturelle Komplexität logistischer Systeme führt dabei immer mehr an die Grenzen des effizienten Einsatzes von Ressourcen sowie einer schnellen Adaption an sich ändernde Umweltbedingungen. Zusätzlich verlieren die zu betrachtenden Wirtschaftssysteme durch ihren stetigen Wandel zunehmend ihre Strukturiertheit, wodurch Elemente und Relationen eines Systems sich fortlaufend verändern. Beide Phänomene bedingen eine aktive Weiterentwicklung der Logistik.

Betrachtet man das gewählte Beispiel Lagerung, so werden die Prozessdaten zurzeit zentral zusammengeführt und verwaltet. Die Verstärkung des Einsatzes autonomer Systeme führt zu einer Dezentralisierung der Verwaltung und somit zur beschriebenen Auflösung der gewohnten Strukturen. Im Bereich der zugehörigen Software wird dies durch den Einsatz Cloud-basierter Systeme noch verstärkt.

Dezentralisierung der Systeme im Lager bedeutet jedoch auch, dass die Eingriffsmöglichkeiten in laufende Prozesse erschwert werden. Somit ergibt sich die Anforderung, Intelligenz in Form von Wissen bzw. Regeln bereitzustellen, damit die dezentralen Systeme situationsbezogen reagieren können.

Bei der Lagerung von Gefahrstoffen ergibt sich die besondere Herausforderung durch die Vielzahl an geltenden Regelungen, die schon für Exper-

ten schwer zu überschauen sind. Grundsätzlich ist jede Planung und Durchführung technischer Prozesse mit der Berücksichtigung gesetzlicher Anforderungen verknüpft. Die durchzuführenden Schritte zu Beginn sind daher immer gleich:

- Ermittlung der einschlägigen Vorschriften,
- Identifikation der zu beachtenden Anforderungen,
- Ableiten der erforderlichen Maßnahmen für den eigenen Anwendungsfall und
- Umsetzung der Maßnahmen.

Im operativen Betrieb schließt sich dann noch die Kontrolle der getroffenen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit an, die ggf. eine Anpassung der weiteren Verfahrensschritte erfordert. Eine Kontrolle der Maßnahmen ist auch bei der Änderung der gesetzlichen Grundlage durchzuführen. Die Nachverfolgung der Rechtsentwicklung ist somit unerlässlich.

Allerdings stellt schon die einmalige Ermittlung der einschlägigen Vorschriften auf Grund der verzweigten Struktur der Rechtsvorschriften ein schwieriges Unterfangen dar. Auch die Ermittlung der konkreten Anforderungen ist für den ungeübten Anwender schwierig. Als Hauptschwierigkeiten werden hierbei häufig die folgenden Punkte genannt:

- uneinheitliche Verwendung von Begriffen in den einzelnen Rechtsnormen,
- Vererbung von Anwendungsvoraussetzungen auf untergeordnete Vorschriften,
- Ermessensspielräume und Unstimmigkeiten in den Vorschriften,
- vielfältige Verknüpfungen zwischen den Normen,
- abstrakte Generalklauseln, z. B. Stand der Technik,
- Übergangsfristen und
- Parallelregelungen (Redundanz).

Gespräche zu diesem Thema zeigen immer wieder, dass die Art der Sprache in den Vorschriften und ihr Aufbau eine erhebliche Hemmschwelle bei der Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen darstellen. Die Aufzählung lässt erkennen, dass es einer umfangreichen Sachkenntnis bedarf, um die für das eigene Unternehmen geltenden Anforderungen ermitteln zu können. Ein geeigneter Experte ist in kleineren Unternehmen meist nicht vorhanden bzw. es fehlt den kundigen Mitarbeitern einfach an der erforderlichen Zeit, Sachverhalte in allen ihren Einzelheiten zu betrachten.¹ Der Einkauf externen Wissens in Form einer Betreuung durch einen Dienstleister führt bei guter Qualität zu erheblichen Kosten. Zusätzlich ergibt sich die Schwierigkeit, dass gesetzliche Anforderungen durch das Unternehmen

¹ [Steinbacher 2008]

nicht nur einmal zu ermitteln sind, sondern kontinuierlich entsprechend der aktuellen Gesetzeslage zu prüfen und ggf. laufend anzupassen sind. Hierdurch steigen dann auch die Kosten, wenn ein Dienstleister hinzugezogen wurde.

Um diesen Aufwand umgehen zu können, vergeben Unternehmen ihre kompletten Leistungen im Bereich der Lagerung an logistische Dienstleistungsunternehmen (LDL), bei denen die erforderlichen Spezialkenntnisse fester Bestandteil des Leistungsangebots sind. Die transparente Umsetzung gesetzlicher Anforderungen stellt für LDL beim Betrieb eines Gefahrstofflagers ein wesentliches Qualitätsmerkmal gegenüber dem Wettbewerb dar.²

Hierbei spielt der Einsatz von Softwaresystemen eine entscheidende Rolle, um den Ressourceneinsatz effizienter gestalten zu können. Gerade in großen Lägern ist die Lagerhaltung durch eine umfassende Softwareunterstützung gekennzeichnet, deren Kernelement das Lagerverwaltungssystem (LVS) darstellt. Diese Systeme sind in der Regel modular aufgebaut und werden von den Herstellern an die jeweiligen Bedürfnisse des vorliegenden Lagerbetriebs angepasst.

Neben den oben beschriebenen wissenschaftlichen Anforderungen an die weitere Entwicklung in der Logistik kann mit einer Verknüpfung der logistischen mit den rechtlichen Anforderungen in einem Informationssystem die Automatisierung aufgewertet werden. Verschiedentlich wird versucht, zum Einsparen von Ressourcen die Automatisierung von Prozessen im Lager weiter voranzutreiben.³ In statischer Form existiert diese Verknüpfung zum Teil schon, der dynamische Abgleich der vorhandenen Lagersituation mit den gesetzlichen Anforderungen wird derzeit aber noch nicht unterstützt.⁴ Die erfassten Regeln sind bisher fest im jeweiligen Lagerverwaltungssystem hinterlegt und lassen nur begrenzt Aussagen zu, inwieweit Veränderungen beim Artikelbestand oder der Infrastruktur mit dem gesetzlichen Regelwerk vereinbar sind.

Ähnlich ist die Situation in anderen technischen Bereichen, wenn in einem Unternehmen neue Verfahren oder Abläufe eingeführt werden bzw. Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden. In diesem Fall müssen erst durch das Unternehmen beauftragte Personen feststellen, welche Vorschriften im täglichen Betrieb einzuhalten sind. In der Regel ergeben sich die Anforderungen in solchen Fällen zum großen Teil aus den Rechtsbereichen der Produktsicherheit und des Arbeitsschutzes. Auch beim Wegfall von Tätigkeiten bzw. Verfahren ist eine solche Prüfung vorzunehmen, da evtl. Anforderungen entfallen und Prozesse sich vereinfachen. Eine derartige Prüfung ist ebenfalls nur mit einiger Erfahrung und der nötigen Praxis im Umgang mit dem Technischen Regelwerk möglich.

² [Andres 2007]

³ [Lange 2008]

⁴ [Schulze 2004], S. 14

Im Anlagenbau existieren schon seit längerem Bemühungen, auf Grund des steigenden Kosten- und Zeitdrucks verbunden mit der Forderung nach einem hohen Standard sicherheitsrelevante Aspekte möglichst frühzeitig zu berücksichtigen. Dies führt dazu, dass verstärkt an einer weitreichenden EDV-Unterstützung der sicherheitstechnischen Auslegung gearbeitet wird.⁵

Die geforderte Qualität und Aktualität entsprechender Softwarelösungen hängen jedoch erheblich vom jeweiligen Anbieter ab. Hinzu kommt, dass Entwicklungen von Softwareunternehmen sich in der Regel zwar durch eine gute Programmierung auszeichnen, allerdings nicht selten auf Grund von inhaltlichen Fehlern bzw. einfach ergonomischen Aspekten nicht bedenkenlos eingesetzt werden können. Dies gilt in ähnlicher Weise für inhaltlich getriebene Entwicklungen, die ggf. inhaltlich ohne Fehler sind, technisch aber erhebliche Schwachstellen insbesondere bei Ergonomie und Performanz aufweisen. Der Anwender selbst kann durch den Einsatz einer solchen Softwarelösung evtl. seine vom Gesetzgeber auferlegten Aufgaben weitgehend lösen, wird aber trotzdem nicht aus der Verantwortung entlassen, die Einhaltung des Technischen Regelwerks in seinem Unternehmen zu überwachen – eine Aufgabe, die mit Einsatz autonomer Systeme immer anspruchsvoller wird. Somit muss er sich der Stärken und Schwächen der zum Einsatz kommenden Software bewusst sein.

Die Nichtbeachtung gesetzlicher Anforderungen kann eine Ordnungswidrigkeit oder Straftat darstellen und auch als solche geahndet werden. Schon die Auswahl von falschen Maßnahmen auf Grund einer unzureichenden oder unzutreffenden Interpretation der gesetzlichen Anforderungen führt dazu, dass der Lagerbetreiber zur Rechenschaft gezogen wird. Der Einsatz technischer Lösungen hilft, solche für das Unternehmen negativen Folgen zu vermeiden. Die Entwicklung einer Softwarelösung in der beschriebenen Weise dient allerdings nicht nur der Unterstützung des Lagerbetreibers, sondern auch dem grundsätzlichen Anliegen der gesetzlichen Normen. Die Vorschriften legen vereinbarte Mindeststandards fest, die bei ihrer Erfüllung dem Schutz unterschiedlicher Ziele im Bereich des Umweltschutzes und dem Schutz der menschlichen Gesundheit sowie nachrangig dem Schutz von Sachwerten dienen. Ihre Einhaltung ist jedoch folglich nur das extern vorgegebene Minimalziel für den Betrieb technischer Anlagen.

Es existieren somit verschiedene Gründe, die für den Einsatz eines Softwaresystems sprechen, das die Ermittlung und Anwendung gesetzlicher Regelungen erleichtert. Gerade im Bereich der Gefahrstofflagerung haben die bisherigen Präsentationen und Gespräche mit Betreibern und Mitarbeitern aus dem Bereich der Gefahrstofflagerung gezeigt, dass ein großer Bedarf für eine geeignete Unterstützung existiert, da die Unsicherheit vieler Lagerbetreiber sehr groß ist. Hierbei geht es weniger um das tägliche Routinegeschäft, sondern vielmehr um überraschend auftretende Ereignisse wie neue Lagergüter, eine neue Vorschrift oder eine Gesetzesänderung. Die zu Beginn angesprochene erforderliche interdisziplinäre Sichtweise auf das Problem erfordert eine entsprechende wissenschaftliche Herange-

⁵ [Leimer 2001], S. 2

hensweise, die auch in der Praxis umgesetzt werden kann. Ähnlich sieht der Bedarf auch beim Betrieb anderer technischer Anlagen aus, wenn Betriebsmittel und Betriebsbedingungen auf Grund ihrer Beschaffenheit umfangreiche gesetzliche Anforderungen mit sich bringen.

Unter der Überschrift »Industrie 4.0«⁶ wurde auf der Hannover Messe 2011 die Vision für die 4. industrielle Revolution mittels des »Internet der Dinge« präsentiert. Die Produktionsgüter steuern hierbei dezentral die Produktionsprozesse. Entscheidungen werden durch die beteiligten Systeme dezentral getroffen und autonom durchgeführt. Ergänzt wird das »Internet der Dinge« durch das »Internet der Dienste« und somit durch die den Entscheidungsprozess unterstützenden Services. Man erhofft sich von diesen Entwicklungen erhebliche Einsparungen in Logistik und Produktion.

2.2 Zielsetzung

Das Hauptziel der Arbeit war die Entwicklung einer Methode, die es erlaubt, mit den heutigen Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologie normative Anforderungen in Form einer Software für technische Prozesse bereitzustellen. Zur Veranschaulichung wurde die Betrachtung am Beispiel der Lagerung von Gefahrstoffen vorgenommen.

Konkret wurden hierbei die folgenden Ziele verfolgt:

- Erstellung einer Softwarelösung, die eine gemeinsame Betrachtung gesetzlicher und logistischer Anforderungen beim Betrieb eines Lagers für Gefahrstoffe erlaubt. Die Lösung soll sich in den operativen Betrieb integrieren lassen.
- Zum Erreichen des ersten Ziels ist die Softwarelösung in der Lage, eine vorhandene Lagersituation mit den geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen zu vergleichen. Sie gewährleistet bei der Einlagerung eines neuen Stoffs die Auswahl eines Lagerplatzes, der die gesetzlichen Anforderungen erfüllt.
- Die Softwarelösung unterstützt somit die Mitarbeiter im Lager, die über keine oder nur begrenzte Kenntnisse der genauen gesetzlichen Anforderungen verfügen.
- Neben der Gewährleistung der Konformität mit den gesetzlichen Anforderungen trägt die Softwarelösung auch zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Lagerung bei. Insbesondere die Ausnutzung der Lagerfläche soll mit der Lösung optimiert werden.

⁶ [Kagermann 2011]

- Nicht alle gesetzlichen Anforderungen lassen sich direkt auf die verschiedenen Unternehmen anwenden, daher muss die Softwarelösung auch unternehmensspezifische Zusammenhänge und spezifische Auslegungen der gesetzlichen Grundlagen erfassen.
- Einer der wichtigsten Punkte im Umgang mit gesetzlichen Anforderungen ist die hohe Dynamik der Rechtsnormen. Somit ist ein weiteres Ziel, dass die gesetzlichen Änderungen zeitnah in das System aufgenommen werden und automatisch, ohne spürbare Veränderung im operativen Prozess, berücksichtigt werden.
- Die Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen muss nachvollziehbar erfolgen, daher muss der Abgleich der Lagersituation mit den gesetzlichen Anforderungen so transparent wie möglich gestaltet werden.
- Die für die Abbildung des Wissens verantwortlichen Experten verfügen in der Regel über keine Programmierkenntnisse und sind daher entsprechend zu unterstützen.
- Die Lagerung von Gefahrstoffen stellt nur ein Beispiel für die Anwendung der Softwarelösung dar. Vielmehr soll die Lösung sich auch auf andere technische Prozesse anwenden lassen und dort gesetzliche Grundlagen vermitteln.

In der Aufzählung nicht explizit genannt ist die Bereitstellung der lauffähigen Anwendung. Die Erfüllung der vorgenannten Ziele war hierfür die Voraussetzung.