

# Integrative Betrachtung bei der Gefahrstofflagerung

Torsten Müller, Oberhausen



In einem gemeinsamen Forschungsvorhaben<sup>1)</sup> haben das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und der Lehrstuhl für Fabrikorganisation (LFO) der Technischen Universität Dortmund ein Verfahren entwickelt, das die softwarebasierte Überprüfung gesetzlicher Anforderungen bei der Lagerung von Gefahrstoffen ermöglicht. Es handelt sich hierbei um ein Assistenzsystem, das im Verbund mit einem vorhandenen Lagerverwaltungssystem genutzt werden kann.

**B**evor ein Gefahrstoff in ein Lager eingelagert werden kann, ist zu prüfen, ob alle relevanten formalen, technischen und organisatorischen Anforderungen erfüllt sind. Dabei sind Fragen zu klären wie:

- Sind die erforderlichen Erlaubnisse und Genehmigungen vorhanden?
- Wurden die Lagerhöchstmengen eingehalten?
- Wird das richtige Löschmittel eingesetzt?

Zur Klärung dieser Fragen ist es erforderlich, die geltenden Anforderungen aus dem Technischen Regelwerk zu ermitteln und den Daten zum Lager, der vorhandenen Sicherheitstechnik und den Stoffinformationen gegenüberzustellen. Dies ist selbst für qualifizierte Fachkräfte aufgrund der großen Anzahl an Rechtsvorschriften (s. **Bild 1**) und der vielen Besonderheiten kein leichtes Unterfangen. Hinzu kommt, dass gerade in kleinen und mittelständischen Unternehmen häufig die Zeit fehlt, sich mit einem solchen Sachverhalt in der erforderlichen Tiefe zu beschäftigen [1]. Insbesondere auch deshalb, weil diese Überprüfung bei jeder Einlagerung neu vorgenommen werden muss.

Innerhalb der letzten Jahre gab es eine Reihe von größeren Änderungen an den Rechtsvorschriften mit Bezug zur Lagerung von Gefahrstoffen, die eine genauere Betrachtung erfordern. Nach der Einführung der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) im Oktober 2002 wurden Anfang 2003 eine Reihe von Verordnungen, z. B. Verordnung für brennbare Flüssigkeiten (VbF), aufgehoben, die bis dahin prä-

gend für den gesetzlichen Rahmen der Gefahrstofflagerung waren. Übriggeblieben sind die Technischen Regeln der Verordnungen, die weiterhin als Erkenntnisquelle genutzt werden, bis die Inhalte als Technische Regeln für Betriebssicherheit umgesetzt werden.

Am 1. Juni 2007 trat die europäische Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-Verordnung) in Kraft, die sich allerdings nicht direkt auf die Lagerung von Gefahrstoffen auswirkt, auch wenn sie zu umfangreichen Änderungen im deutschen Chemikalienrecht geführt hat. Spätestens am 1. Januar 2009 wird die europäische Verordnung über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung

von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) in Kraft treten. Damit werden die Regelungen des Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) auch in Europa umgesetzt. Mit der Verordnung wird ein weltweit in großen Teilen einheitliches System für die Einstufung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe eingeführt, das erheblichen Einfluss auf die Lagerung von Gefahrstoffen besitzt. Weiter steht 2009 die Einführung des ersten Teils des Umweltgesetzbuches (UGB) an, das erheblich in die bisherige Struktur der Rechtsgrundlage für die Lagerung, z. B. beim Wasserrecht, eingreifen wird. Auch wenn mit den Änderungen vieles einfacher geworden ist und werden wird, dauert es doch eine gewisse Zeit, bis



**Bild 1** Übersicht der Rechtsbereiche mit Relevanz für die Gefahrstofflagerung.

<sup>1)</sup> Das Forschungsvorhaben (FV-Nr. 14822N) wurde von Juli 2006 bis Juni 2008 durchgeführt und aus den Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) gefördert.

die Änderungen das gesamte Regelwerk durchdrungen haben. In diesem Übergangszeitraum stehen viele verschiedene Regelungen nebeneinander.

Insgesamt ergibt sich eine umfangreiche Sammlung an Rechtsvorschriften, deren Ausnahmen und Übergangszeiträume eine Unterstützung der Anwender mit entsprechenden Softwarelösungen unerlässlich machen. In der Regel beschränkt sich diese Unterstützung auf Werkzeuge, die beim Durchsuchen von elektronischen Volltextsammlungen der zugrunde liegenden Rechtsvorschriften helfen. Gute Kenntnisse der Vorschriftenstruktur sind dabei Voraussetzung, um die gewünschten Informationen schnell und teilweise überhaupt finden zu können. Bei der Einlagerung größerer Mengen an Gefahrstoffen in Vielstofflagern kann das Überprüfen der Anforderungen auf diese Weise sehr lange dauern. Ein Ansatz die Informationsbeschaffung zu beschleunigen, war der Leitfaden zur Lagerung von gefährlichen Stoffen und Abfällen (LAGERguide) [2], der am Fraunhofer UMSICHT entwickelt wurde. Mittels grafischer Entscheidungsbäume wurde der Anwender über Fragen und Antworten zu den für seine Lagerung relevanten Stellen in den Rechtsvorschriften geführt. Dieser Weg liefert in relativ kurzer Zeit ein fallbezogenes Ergebnis, ist aber trotz der aufbereiteten Inhalte ein aufwendiger Prozess, der für den operativen Betrieb ungeeignet ist.

### Vorhabensinhalte

An dieser Stelle setzte das Forschungsvorhaben an. Die Kernaufgabe bestand in der Entwicklung eines Verfahrens zur automatisierten Überprüfung gesetzlicher Anforderungen bei der Einlagerung von Gefahrstoffen in ein Lager, das auch im operativen Betrieb genutzt werden kann. Folgende Fragen soll das System beantworten:

- 1) Kann der Artikel aus logistischer und sicherheitstechnischer Sicht im Lager eingelagert werden?
- 2) Ist die vorhandene Lagersituation regelkonform?

Hauptziel hierbei war die Unterstützung von Lagerbetreibern, die für unterschiedliche Kunden ein breites, sich häufig veränderndes Spektrum an Artikeln lagern.

Die größte Unterstützung bei der Verwaltung der Lagergüter in größeren Lagern liefern die Lagerverwaltungssysteme. Sie beinhalten eine Menge an logistischen Regeln, die der wirtschaftlichen Lagerung und dem Schutz des Lagerguts dienen. Solche Systeme besitzen jedoch, wenn überhaupt, nur in geringem Umfang Regeln,

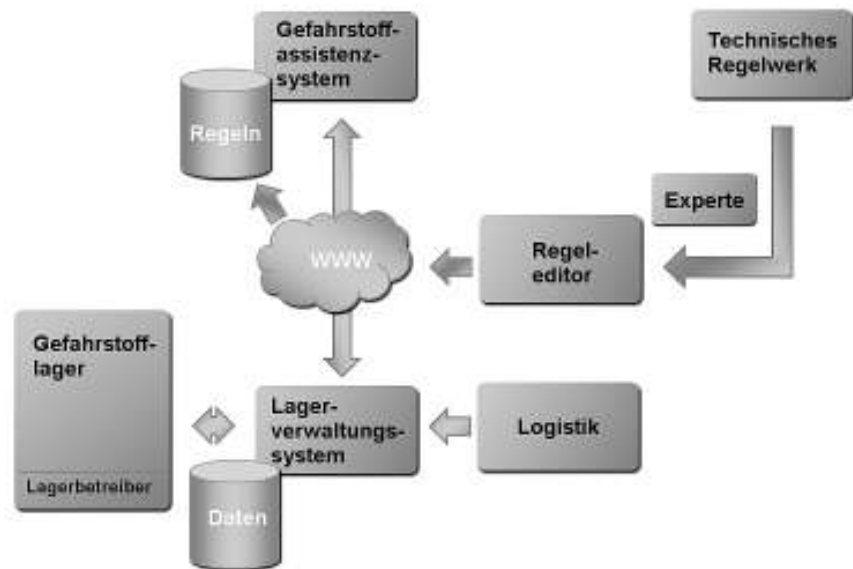


Bild 2 Systemaufbau.

die geeignet sind, die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen zu überprüfen. Am häufigsten findet man Algorithmen zu den Zusammenlagerungsregeln, die jedoch immer nur einen kleinen Ausschnitt der gesamten Anforderungen wiedergeben [3]. Mit einem Lagerverwaltungssystem allein kann also kein regelkonformes Lager betrieben werden, vielmehr bedarf es zusätzlich der zu Beginn angesprochenen qualifizierten Fachkraft. Die umfassende Automatisierung logistischer Prozesse, die immer stärker vorangetrieben wird [4], benötigt allerdings eine entsprechende automatisierte Sicherheitsbetrachtung, wenn die positiven Effekte der Automatisierung ohne zusätzliches Risiko erzielt werden sollen.

Gewünschter Effekt hierbei ist, dass bei genauerer Betrachtung der vorhandenen Anforderungen mit der Softwarelösung die Lagerung nicht nur sicherer wird, sondern durch die situationsbezogene Betrachtung der Lagerung sich auch wirtschaftlich positive Auswirkungen einstellen, wenn Abläufe schneller erfolgen und Lagerflächen besser genutzt werden können. Da die Datenbasis in den Lagerverwaltungssystemen für die Überprüfung rechtlicher Anforderungen nicht ausreichend ist, reicht eine Erweiterung der bestehenden Regeln des Lagerverwaltungssystems nicht aus. Die Lagerverwaltungssysteme sind i. d. R. komplex sowie an das Lager und seine Prozesse angepasst. Daher besteht wenig Interesse von Seiten der Lagerbetreiber, solche Systeme gegen andere einzutauschen. Aus diesem Grund wurde die Entwicklung der Softwarelösung zur automatisierten Betrachtung von gesetzlichen Anforderun-

gen so ausgerichtet, dass ein Assistenzsystem entsteht, das an bestehende Lagerverwaltungssysteme gekoppelt werden kann. Das Ergebnis der im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführten Entwicklung war ein Gefahrstoffassistenzsystem (GAS), dessen Kernelement eine Regelbasis mit Regeln zu den Anforderungen aus den für die Gefahrstofflagerung relevanten Vorschriften ist. Der Einsatz erfolgt unter Ausnutzung der vorhandenen Daten zur Lagerung aus dem Lagerverwaltungssystem (Bild 2).

### Generelles Vorgehen

Ein entscheidender Grundgedanke bei der Entwicklung war es, die vorhandenen Prozesse zu nutzen und zu ergänzen, sie aber nicht zu verändern, damit die Auswirkungen für Mitarbeiter und vorhandene Prozesse möglichst gering sind. Aus diesem Grund ordnet sich das Assistenzsystem dem Lagerverwaltungssystem unter, d. h. der Nutzer erhält eine erweiterte Eingabemaske im Lagerverwaltungssystem zur Eingabe von Informationen zur vorhandenen Sicherheitstechnik. Die Überprüfung des Assistenzsystems erfolgt im Anschluss an den Durchlauf des Lagerverwaltungssystems, das den Aufruf des Assistenzsystems selbst initiiert. Das Ergebnis der rechtlichen Überprüfung wird vom Assistenzsystem an das Lagerverwaltungssystem zurückgegeben. Wird eine Betrachtung durch das Assistenzsystem nicht gewünscht, wird der Aufruf vom Lagerverwaltungssystem einfach nicht ausgelöst.

Da die Regelbasis des Assistenzsystems häufig gemäß der aktuellen Rechtsentwicklung zu pflegen ist und die Änderun-

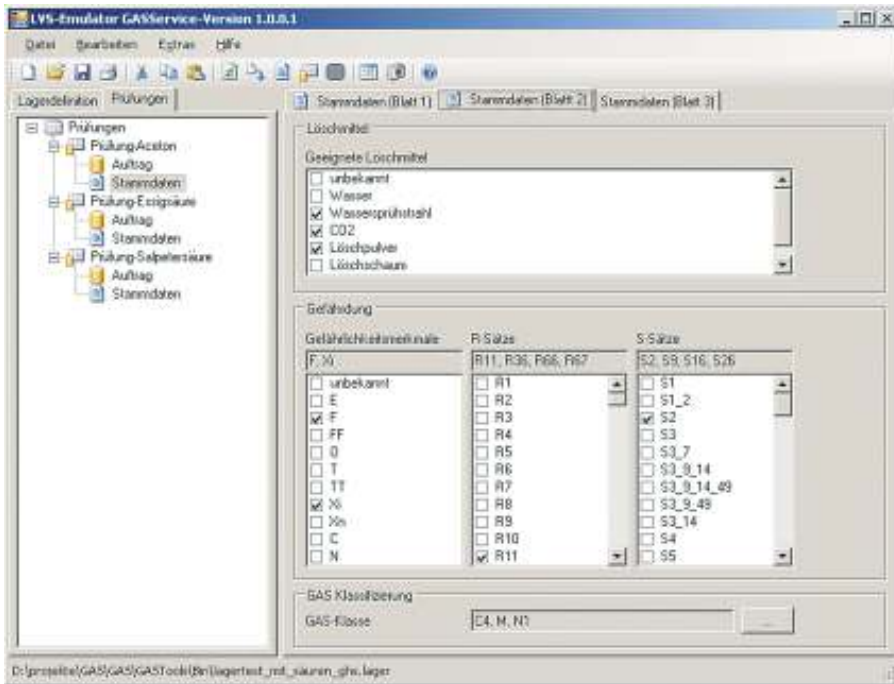


Bild 3 Eingabe Klassifizierung nach der Stoffrichtlinie.

gen kurzfristig den angeschlossenen Lagerverwaltungssystemen zur Verfügung stehen müssen, wurde das Assistenzsystem als zentral über das Internet zugreifbare Lösung entwickelt. Die Anpassung und Änderung der Regeln kann dezentral erfolgen und steht sofort nach ihrer Freischaltung allen Lagerverwaltungssystemen zur Verfügung. Damit sich das Assistenzsystem möglichst einfach mit unterschiedlichen Systemen verbinden lässt, wurde es als Webservice ausgeführt. Informationen zwischen den Systemen werden somit über standardisierte Protokolle als strukturierte Textinformationen im XML-Format ausgetauscht. Die definierte Struktur gibt genau vor, welche Informationen durch die Lagerverwaltungssysteme zu liefern sind und welche Daten vom Assistenzsystem wieder zurückgeliefert werden.

### Systemaufbau

Für die Eingabe und Pflege der Regeln durch entsprechende Experten steht ein Regeleditor bereit. Dieser ist so gestaltet, dass er den Experten durch die Anpassung der Eingabemöglichkeiten unterstützt. Die Eingabe erfordert in ihrer derzeitigen Version zwar noch Grundkenntnisse in der Programmierung, dies bezieht sich aber allein auf die logischen Verknüpfungen von Parametern. Da die Geschwindigkeit bei einer solchen Anwendung eine entscheidende Rolle spielt, wurden vier verschiedene Betrachtungsebenen festgelegt, die einen frühzeitigen Abbruch der Überprü-

fung ermöglichen, wenn ein vorgesehener Lagerplatz die Anforderungen nicht erfüllt. Die vier Betrachtungsebenen Lager, Brandabschnitt, Lagerabschnitt und Lagerplatz geben auch die Struktur der Regeln vor. Innerhalb der Bereiche werden die Regeln fortlaufend abgelegt. Somit muss der Regelbearbeiter nur die richtige Ebene für seine Regel kennen, um die Verknüpfung der Regeln muss er sich nicht kümmern.

Für die Überprüfung gliedert sich der Webservice in drei Komponenten. Dies sind der Service zur Klassifizierung der Gefahrstoffe in die systeminternen Stoffklassen, der eigentliche Prüfservice und ein Service für die Visualisierung der Ergebnisse.

Für das Forschungsvorhaben wurde der Anwendungsbereich des Assistenzsystems eng gefasst. Die Anwendung wurde nur für Hochregallager ausgelegt, da hier ein Lagerplatz eindeutig zugeordnet werden kann. Für andere Lagerbauarten ist der Einsatz noch zu prüfen. Als kleinste Einheit beim Lagergut wurde die artikelreine Palette angenommen, ebenso sind auch Kleinteilelager möglich, wenn die Behälter nur eine Artikelsorte enthalten.

### Datenbasis

Die Informationen zur vorhandenen Sicherheitstechnik, z. B. Gaswarneinrichtungen, Auffangvolumen, sind durch den Lagerbetreiber im Lagerverwaltungssystem zu hinterlegen. Die wichtigste Datengrundlage für die Stoffinformationen bil-

det das Sicherheitsdatenblatt. Die systeminterne Klassifizierung der Gefahrstoffe wurde so aufgebaut, dass nur wenige Daten erforderlich sind, um den erforderlichen Rückgriff auf Stoffdatenbanken vermeiden zu können. Gleichzeitig besteht jedoch die Schwierigkeit, dass die Sicherheitsdatenblätter häufig nicht vollständig sind bzw. fehlerhafte Angaben enthalten. Für letzteren Fall wurden Algorithmen eingebaut, die die eingegebenen Informationen gegeneinander abgleichen, um Unstimmigkeiten aufzudecken. Ein Beispiel hierfür ist der Abgleich der Wassergefährdungsklasse mit den Anhängen der VwVwS und, falls der Stoff nicht in diesen Listen enthalten ist, mit den angegebenen R-Sätzen. Ergibt sich eine Unstimmigkeit, dann erhält der Anwender einen Hinweis und die Aufforderung, die Daten zu korrigieren.

### Regeln

Zentrales Element des Assistenzsystems ist die Regelbasis, die für alle Anfragen gleich ist und allein auf den grundsätzlich geltenden Rechtsvorschriften und technischen Normen beruht. Bei der Regelerstellung wird jede relevante gesetzliche Anforderung in einen Regelsatz überführt, der in der ersten Regel immer eine Überprüfung des Anwendungsbereichs enthält. Aus diesem Grund wurden auch systeminterne Stoffklassen eingeführt, um so Stoffe und Regeln zusammenbringen zu können. Die Stoffklassifizierung geht dabei teilweise über die bekannte VCI-Einteilung hinaus, um eine genauere Umsetzung zu ermöglichen. Dies betrifft u. a. die Einteilung der brandfördernden Stoffe in Gruppen nach TRGS 515.

Stoffklassifizierung und Lagerplatzprüfung wurden bewusst getrennt, damit Änderungen bei der Klassifizierung von Stoffen ohne Änderung der Regeln möglich sind. Gerade bei Genehmigungen können jedoch spezifische Auflagen existieren, wenn z. B. die Lagerhöchstmengen nach der 4. BImSchV von der Behörde niedriger festgelegt wurden. Aus diesem Grund und der grundsätzlichen Notwendigkeit, Regeln unternehmensspezifisch anzupassen, besteht für den Lagerbetreiber jederzeit die Möglichkeit, auf das Unternehmen bezogene Regeln zusätzlich zu erzeugen. Diese werden im jeweiligen Lagerverwaltungssystem abgelegt und mit der Anfrage an das Assistenzsystem übergeben. Dort reihen sich die Regeln in die bestehenden Regelketten ein. Regeln, die durch unternehmensspezifische Regeln ersetzt werden, bleiben beim Durchlauf unberücksichtigt. Solche Sonderregeln sind gerade bei den



Zusammenlagerungsregeln erforderlich, da bestimmte Stoffe in Lägern erst nach Begutachtung durch die Feuerwehr zusammenlagert werden dürfen. In solchen Fällen ist der zentralen Grundregel ein Verbot hinterlegt, das nur durch eine unternehmensspezifische Regel aufgehoben werden kann.

Zur Erprobung von parallelen Regelungen wurde die Klassifizierung sowohl nach der aktuellen Stoffrichtlinie (s. **Bild 3**) als auch nach GHS ausgelegt. Da die Regeln bei der Überprüfung nur mit den systeminternen Stoffklassen arbeiten, kann die Einstufung erst parallel nach beiden Regelwerken und nach der Übergangszeit allein nach GHS erfolgen. Im Fall der Stoffklassifizierung ist dies recht unkompliziert möglich, da Klassifizierung und Lagerplatzprüfung zwei unabhängige Regelwerke verwenden. An dieser Stelle zahlt sich ein solches System in jedem Fall aus, weil bei größeren Gesetzesänderungen nicht alle Vorschriften sofort angepasst werden, wodurch der Anwender selber alte und neue Vorschriften in Einklang bringen müsste, was ihm aber durch das System abgenommen wird.

### Beispieldurchlauf

Im Folgenden soll gezeigt werden, wie der Ablauf einer solchen Überprüfung aussieht.

In einem Lager soll eine Palette mit vier Fässern Aceton eingelagert werden. In den drei vorhandenen Brandabschnitten besteht grundsätzlich die Möglichkeit zur Einlagerung von leichtentzündlichen Flüssigkeiten. Zusammen mit den Auftragsdaten der Palette, den Artikelstammdaten und den Lagerdaten übergibt das Lagerverwaltungssystem eine Liste mit drei möglichen Lagerplätzen an das Gefahrstoffassistenzsystem.

Im ersten Schritt klassifiziert das System das Aceton systemintern in die Klassen C4 (leichtentzündliche, wasserlösliche Flüssigkeit), M (reizender Stoff) und N1 (wassergefährdender Stoff). Die nachfolgende Prüfung untersucht auf der obersten Ebene, ob generell Stoffe der ermittelten Klassen im Lager eingelagert werden dürfen. Die Prüfungen auf dieser Ebene dienen vorwiegend dem Abgleich formaler Pflichten (Erlaubnis, Genehmigung).

Spricht auf der Ebene „Lager“ nichts gegen eine Einlagerung werden die Regeln auf der Ebene „Brandabschnitt“ durchlaufen. An dieser Stelle bilden die brandschutztechnischen Anforderungen den größten zu prüfenden Block, insbesondere bei Stoffklassen wie den entzündlichen

## Literatur

- [1] Steinbacher, I.: Mit Sicherheit gut beraten. A&D (2008) Juli, S. 24-27.
- [2] Müller, T.; Hübner, J.: Lagerung von gefährlichen Stoffen und Abfällen. TÜ 44 (2003) Nr. 3, S. 10-13.
- [3] Schulze, W.-A.: Assistenzsystem für die Planung und den Betrieb von Gefahrstofflagern. Dissertation. Dortmund: Verlag Praxiswissen 2004.
- [4] Lange, E.: Roboter automatisieren den Materialfluss im Lager. VDI nachrichten (2008) Nr. 22.

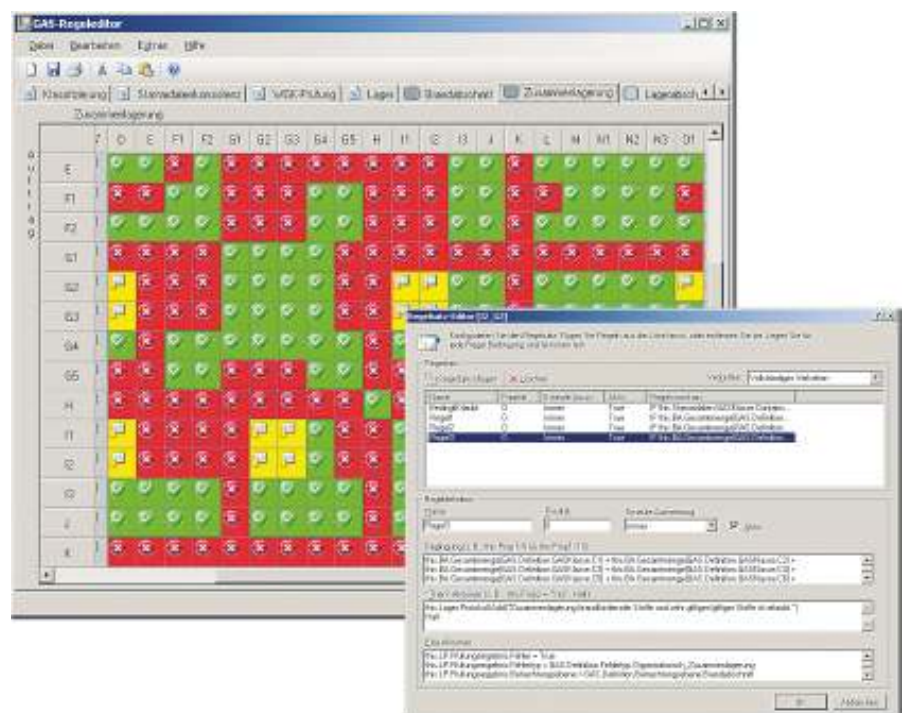
Flüssigkeiten. Hierzu wird die im Lagerverwaltungssystem eingegebene Sicherheitstechnik (z. B. Art der Löschanlage) mit den Anforderungen abgeglichen. Im dritten Schritt werden die Zusammenlagerungsregeln für die Brandabschnitte durch Gegenüberstellung von vorhandenem und einzulagerndem Artikel überprüft (**Bild 4**). In diesem Beispiel scheiden zwei der vom Lagerverwaltungssystem ausgesuchten Plätze aus (**Bild 5**). Im System wird bei den Plätzen ein Vermerk abgelegt und die Überprüfung wird für diese Plätze abgebrochen. Auf der dritten Ebene „Lagerabschnitt“ wird für den verbliebenen Lagerplatz geprüft, ob das Auffang- und Löschwasserrückhaltevolumen u. a. nach LÖRüRL ausreichend ist. Auf der Ebene „La-

gerplatz“ prüft das System, ob die maximale Lagerhöhe sowie die zutreffenden Abstandsregeln eingehalten wurden.

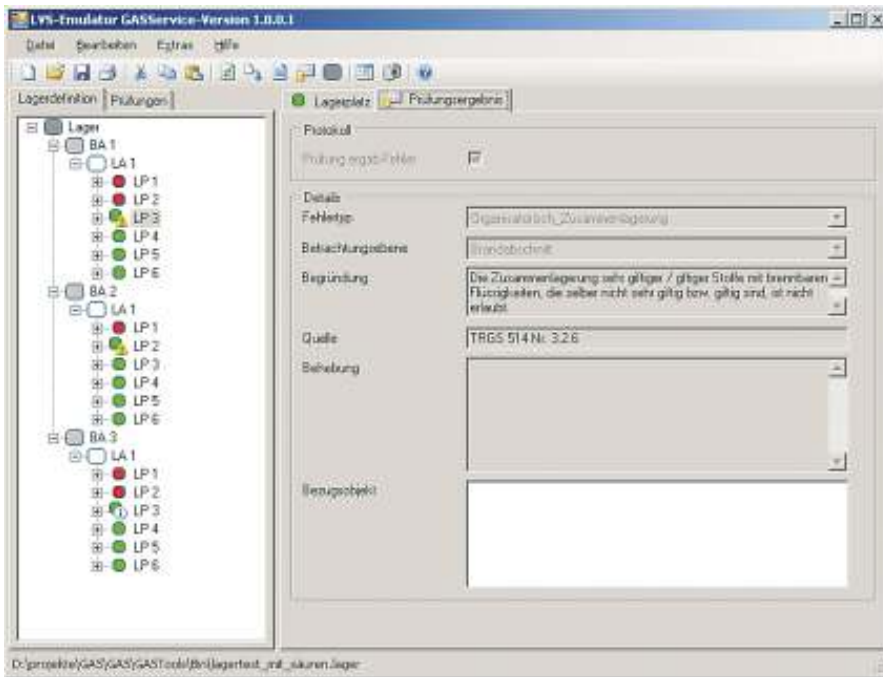
Da keine Gründe gegen eine Einlagerung sprechen, wird das Ergebnis „Einlagerung möglich“ zusammen mit dem geprüften Lagerplatz an das Lagerverwaltungssystem übergeben. Gleichzeitig wird ein Gesamtprotokoll der Überprüfung übermittelt, das genau auflistet, welche Regeln durchlaufen wurden, auf welchen Rechtsvorschriften sie beruhen und wie das Ergebnis ausgefallen ist. Bei Bedarf kann das Ergebnis über das integrierte Visualisierungswerkzeug dargestellt werden.

### Stand und Ausblick

Das Forschungsvorhaben wurde wie vorgesehen mit der Erstellung eines ersten Demonstrators abgeschlossen. Dieser beinhaltet den zentralen Webservice, den Regeleditor und Teile der Regelbasis. Der Nachweis, dass eine Kopplung mit einem Lagerverwaltungssystem im operativen Betrieb möglich ist, steht noch aus. Bisher konnten die Regeldurchläufe nur mithilfe des zu Testzwecken entwickelten Lageremulators überprüft werden. Entscheidend für den Einsatz des Assistenzsystems ist die Regelbasis, deren Finanzierung für Aufbau und Pflege noch nicht gesichert ist, da die Pflege der Regelbasis unabhängig von ihrem Nutzungsgrad von Beginn an fortlaufend erfolgen muss. Aus diesem Grund stellt die Pflege der Regelbasis auch das



**Bild 4** Zusammenlagerungsregeln im Regeleditor.



**Bild 5** Fehlermeldung.

größte Hindernis für den Betrieb der beschriebenen Lösung dar.

Um diesen Aufwand zu verringern, bietet es sich an, das Verfahren lediglich für Planungsprozesse einzusetzen, um die Updatezeiträume zu verlängern. Bei Bereitstellung einer solchen Lösung könnte die Simulation von Lagerzuständen anhand unterschiedlicher Szenarien durchgespielt werden und somit zur Vermeidung unnötiger Investitionskosten beitragen. Für die Ausrichtung der entwickelten Lösung in dieser Richtung mangelt es derzeit aber noch an passenden Partnern.

### Zusammenfassung

Wie schon erwähnt, befindet sich im Bereich der Rechtsvorschriften für Gefahrstoffe einiges im Umbruch. Betrachtet man

die Lagerung von Gefahrstoffen separat, dann besitzt nicht jede Änderungen eine direkte Auswirkung. Vielmehr ist es wie immer entscheidend, sich die gesetzlichen Grundlagen genau anzusehen. Im Alltagsgeschäft bleibt dies aber häufig auf der Strecke, Besonderheiten der gesetzlichen Regelungen bleiben oft unbeachtet. Damit auch Ausnahmen berücksichtigt werden, ist eine Softwareunterstützung unabdingbar, damit schnell und präzise die zutreffenden Anforderungen ermittelt und überprüft werden können. Zusätzlich erfordert die fortschreitende Automatisierung der Lagerung eine integrative Betrachtung sämtlicher Aspekte sowohl logistischer als auch sicherheitstechnischer Art über eine Software. Der integrative Ansatz scheint erforderlich, damit nicht aus wirtschaft-

lichen Gründen wichtige Sicherheitsaspekte unter den Tisch fallen.

Das beschriebene Gefahrstoffassistenzsystem kann allerdings die qualifizierte Fachkraft im Lager nicht ersetzen, sondern stellt lediglich eine Unterstützung dar. Insbesondere da das Überprüfen der Stoffdaten, das für den gesamten Prozess wesentlich ist, vom System auf absehbare Zeit nicht zufriedenstellend geleistet werden kann. Gerade bei Gemischen ist es auch beim Rückgriff auf Stoffdatenbanken nur bedingt möglich, eine klare Aussage über die Richtigkeit von Daten in einem Sicherheitsdatenblatt zu geben. Daher ist ein Verzicht auf eine entsprechend qualifizierte Fachkraft in Vielstofflagern nicht möglich.

Der Vorteil der beschriebenen Lösung ist die Anwendung eines allgemeinen Regelsatzes auf eine spezifische Lagersituation. Eine vorhergehende Betrachtung möglicher Lagersituationen und eine entsprechende Programmierung sind im Gegensatz zu existierenden Lösungen nicht erforderlich. Hinsichtlich des Einsatzes wurde von Experten, die das Vorhaben begleiteten, vorgeschlagen, mit der Lösung die Planung von neuen Lägern zu unterstützen. Da hierfür die gleiche Vorgehensweise gewählt werden kann, bietet sich hier zusätzliches Potenzial für den Einsatz des Gefahrstoffassistenzsystems. TÜ 782



Dipl.-Ing.  
**Torsten Müller**,  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter im  
Fraunhofer-Institut  
UMSICHT,  
Oberhausen.