

Schlussbericht:

**„Entwicklung eines RFID gestützten Systems
zur Überwachung von Chemikalien in
Betrieben“**

Az.: 23774-21/0

Inhalt:

1. Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

2. Darstellung der Arbeitsschritte und angewandten Methoden
 - 2.1 Voruntersuchungen und Recherchen
 - 2.2 Konzeptentwicklung
 - 2.3 Verfahrensentwicklung
 - 2.4 Versuchsbetrieb

3. Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

4. Verzeichnis der Abkürzungen und Bilder

4. Fazit

1. Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Kleine- und mittelständische Unternehmen, die für ihre Produktion auf den Zukauf von Chemieprodukten angewiesen sind, stehen vor einer wachsenden Problematik:

- Regeln und Gesetze

Der Umgang mit Chemieprodukten ist durch eine Vielzahl von Regeln und Gesetzen begleitet. Ihre Beachtung und laufende Aktualisierung verlangt nicht unerheblichen Aufwand und Sachkenntnis. Zudem wurden durch neue Regeln im Europäischen Rahmen (REACH) neue Anforderungen für den Umgang mit Chemikalien gesetzt. Diese werden zusätzlich um die Untersuchungspflicht für Mischungen und Zubereitungen erweitert. Das bedeutet zusätzliche Aufgaben im Bereich Dokumentation, Rückverfolgbarkeit und Handlungsanweisungen. Für KMU besteht daher das Problem der *Rechtssicherheit*.

- Umweltschutz

Der Umgang mit Chemieprodukten über deren Lebenszyklus verlangt fundierte Kenntnisse über das Verhalten und die Auswirkungen der Chemikalien, Mischungen und Zubereitungen bei deren Freisetzung oder Kontakt mit der Umwelt. Für KMU ist dieses Problem mit der Einrichtung eines geregelten Umweltmanagementsystems meist nicht gelöst. Aufgrund erheblichen Kostendrucks insbesondere im Personalbereich wird diese Aufgabe meistens von fachfremden Mitarbeitern "nebenbei" übernommen. Damit wird zwar den gesetzlichen Anforderungen genüge getan, fehlende Fachkenntnis birgt aber Risiken insbesondere im Hinblick auf die so genannten „Neuen Stoffe“. Es besteht das Problem der *Umweltgefährdung*.

- Sicherheit

Analog zur Umweltproblematik geht von vielen Chemieprodukten eine Gefährdung für die mit den Chemikalien in Kontakt kommenden Menschen aus. Davon sind neben Arbeitsschutzbereichen auch Auswirkungen auf Umwelt und Mensch zu verstehen. Zudem geben viele den Chemieprodukten zugeordnete Datenblätter den Gefährdungsgrad nicht richtig oder so unverständlich wieder, dass, zumal es sich um zahlreiche s.g. Neustoffe handelt, ein latentes Risiko besteht. Daraus verbleibt ein *Sicherheitsrisiko*.

- Handling, Lebenszyklusbetrachtung

Für den Umgang mit Chemieprodukten ist eine Vielzahl von Qualifikationen erforderlich. Das beginnt bei der Auswahl der "richtigen" Stoffe für den jeweiligen Prozess, der Prüfung der Substitutionsmöglichkeiten, der Bestellung der sinnvollen Mengen, der Lagerung und endet bei der Entsorgung. Für jeden Bereich sind im Prinzip unterschiedliche Fachkenntnisse erforderlich, die bei einem KMU nur selten zu finden sind. Es verbleibt letztendlich aufgrund unvorteilhafter Planung ein *Finanzrisiko*.

Das Ziel des vorliegenden Projektes war daher die Entwicklung eines Systems, das gestützt auf die in der Logistik bereits teilweise eingeführte Technik der RFID (Radio Frequency Identification), eine Verfolgung der Chemikalien über ihren Lebenszyklus im Betrieb ermöglicht. Damit sollten vorliegende Probleme und künftige Aufgaben durch vorausschauende Maßnahmen weitgehend beseitigt werden.

Die Vorteile des Verfahrens liegen, neben der vereinfachten Überwachung größerer Stoffmengen, bei KMU in der verbesserten Kontrolle über Stoffe mit hohem Gefährdungspotential wie z.B. Säuren, Beizen, Lösemittel, und weitere. So wird zum Beispiel verhindert, dass durch Abstellen von angebrochenen Gebinden an nicht dafür vorgesehenen Orten unbekannte Zwischenlager entstehen, dass Materialien auf nicht zugelassenen Wegen das Unternehmen verlassen (unzulässige Entsorgung) und dass Verluste z.B. durch Leckagen längere Zeit unbemerkt bleiben (höhere Verbräuche als Prozessbedingt zu erwarten).

2. Darstellung der Arbeitsschritte und angewandten Methoden

2.1 Voruntersuchungen und Recherchen

Die Voruntersuchungen und Recherchen bezogen sich auf Grundlagen der Regelungen zum Umgang mit Chemikalien und auf die zur Überwachung einsetzbare Technik. Nach Kontaktaufnahme und Bewertung geeigneter Hersteller und deren Systeme wurde beschlossen, die technische Entwicklung gemeinsam mit der Firma „phg Peter Hengstler GmbH & Co. KG“ in Deißlingen durchzuführen. Von der phg wurden uns zunächst ein Satz RFID-Tags mit Empfängern zur Verfügung gestellt. Hiermit wurden erste Versuche durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass sowohl die geringe Reichweite dieser Geräte als auch die Schnittstellenkonfiguration nicht den Projektanforderungen genügen.

Die Fortführung der Voruntersuchungen erstreckte sich auf den Schwerpunkt „Ermittlung der Technik“ und „Anforderungen an die Software“. Nach ersten

Versuchen mit Tags und Empfängern geringerer Reichweite im Tischaufbau wurden uns von der Firma Hengstler neuere Geräte mit größerer Reichweite zur Verfügung gestellt. Die Lesegeräte waren vom Typ LEGIC-Oris100, als Tags wurden passive Standardgeräte verwendet. Hiermit erfolgte ein weiterer Versuchsaufbau, für den zunächst die Programmierung der Detektoren erfolgen musste.

Bei der Implementierung dieser Geräte fiel auf, dass die gelieferten Lesegeräte nicht genügend ansprechbare Adressen zur Verfügung haben, so dass mit dem vorhandenen Bus-System nur 4 Geräte betrieben werden konnten. Hier ist eine Umprogrammierung der Firmware erforderlich. Weiterhin erkennen die vorhandenen Lesegeräte jeweils nur 1 Tag. Für die sinnvolle und fehlerfreie Nutzung ist jedoch die Erkennung mehrerer Tags gleichzeitig erforderlich. Hier sind ebenfalls technische Änderungen erforderlich.

Bei dem bisher angestrebten Konzept (siehe Grafik unter 2.2) werden die Tags beim Verlassen eines überwachten Raumes und wieder beim Eintritt in den nächsten Raum erfasst. In den Versuchen trat der Fehler auf, dass in der Nähe der Empfänger gelagerte oder innerhalb des Raumes in die Nähe des Empfängers gebrachte Sender (Tags) als den Raum verlassend registriert wurden. Dieser Fehler kann mit Hilfe doppelter Empfängereinheiten an Aus- und Eingängen behoben werden. Da diese Methode die Kosten des Verfahrens erhöht, wurden Lösungen gesucht, die mit jeweils einer Empfangseinheit auskommen. Als technischer Ansatz ist hier eine Abschirmung denkbar, die den Bereich des Durchganges eingrenzt. Diese Lösung ist von den jeweiligen baulichen Voraussetzungen am Einsatzort abhängig.

Als organisatorische Maßnahme ist vorgesehen, die für den Umgang mit den jeweiligen Stoffen vorgesehenen Personen ebenfalls mit einem Tag auszurüsten. Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

- es wird dokumentiert, wer mit dem jeweiligen Stoff umgegangen ist
- bei Fehlmessungen oder Fehlermeldungen des Systems, kann sofort eine Klärung des Vorfalls herbeigeführt werden
- es können Berechtigungen vergeben und kontrolliert werden

2.2 Konzeptentwicklung

Im Rahmen der Konzeptentwicklung wurde ein erster Datensatz festgelegt, der den zu verfolgenden Stoffen zugeordnet wird und die Datenbankprogrammierung wurde begonnen. Der Datensatz sollte im Laufe der Versuche nach den Anforderungen des Anwenders ergänzt werden.

Der Ablauf des Überwachungssystems ist in der Grafik auf der folgenden Seite dargestellt. Die Stoffe werden zunächst im Lager erfasst, und ihre Kenndaten der Datenbank mitgeteilt. Mit RFID-Tags versehen, kann jetzt jederzeit das Verlassen des Lagers und der Eintritt in einen anderen Raum

überprüft werden. Dabei sind Einzelbinde von Stoffen zu unterscheiden, die in Teilmengen entnommen werden. Bei Teilmengen ist eine Wägung am Ausgang des Raumes und beim Eingang in einen neuen Raum vorgesehen. Eventuelle Verluste auf dem Weg können damit erfasst werden. Alle Daten sollen mit den Vorgaben der Produktion verknüpft werden, damit kann festgestellt werden, ob die Entnahme höher war, als der benötigte Verbrauch, Verluste können auch so festgestellt werden.

Zusätzlich erlaubt das System festzustellen, ob Stoffe in nicht zugelassene Bereiche gelangen, die eventuell aus sicherheitsrelevanten Gründen gesperrt sind. Damit können sowohl „verbotene Wege“ als auch „verbotene Räume“ überwacht werden.

Schema RFID-Überwachung

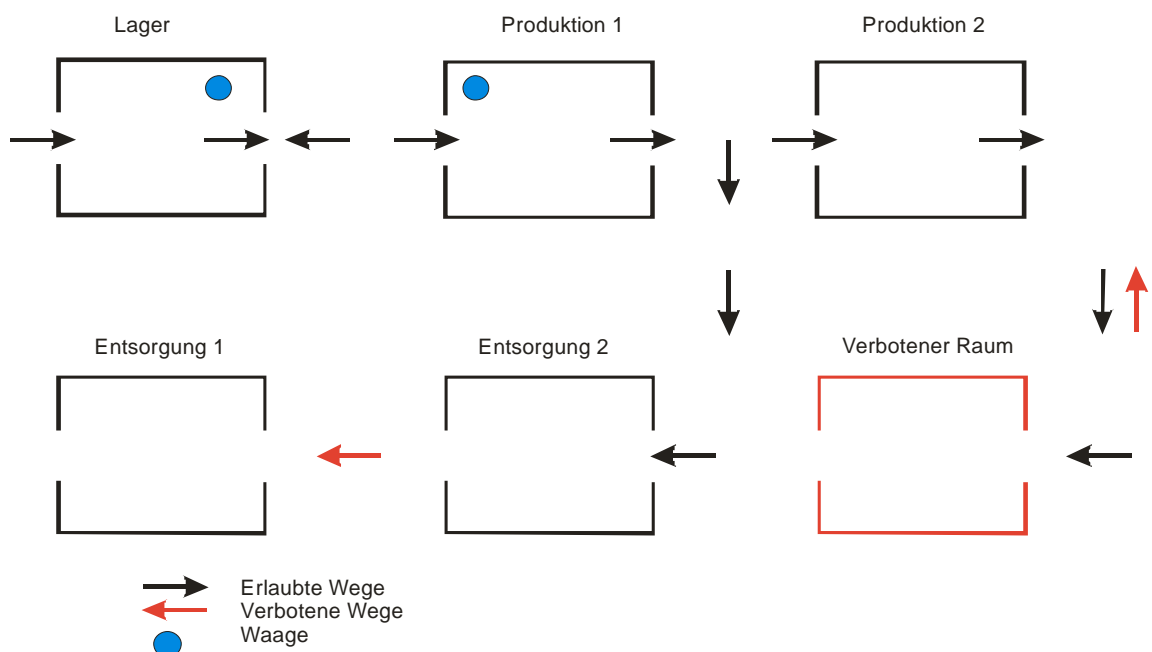


Abbildung 1: Schema RFID-Überwachung

Aus Kostengründen wurde für diese Entwicklung vorgesehen, ausschließlich passive TAGs, also ohne eigene Stromversorgung, zu verwenden. Die Reichweite dieser TAGs liegt mittlerweile bei bis zu 8 m, so dass Durchgänge bei Verwendung zweier Lesegeräte bis zu 16 m breit sein dürfen.

4.3 Verfahrensentwicklung

Die Verfahrensentwicklung wurde mit der Entwicklung der Datenbank und der Software begonnen. Dazu wurden die folgenden Arbeiten durchgeführt:

- Entwurf und Implementierung eines Backendsystems zuständig für die Verwaltung der Datenbank sowie zur Ansteuerung der RFID Lesegeräte in Java
- Implementierung des Protokolls 1685 zur Ansteuerung der Oris100 RFID Lesegeräte in Java
- Entwurf und Implementierung eines SQL Datenbankschemas zur Speicherung von Tag und Stoff-Datensätzen sowie von Ortsinformationen
- rudimentärer Entwurf eines Frontendsystems zur Visualisierung der auflaufenden Daten und Meldungen
- rudimentärer Entwurf eines Netzwerkprotokolls zur Kommunikation zwischen Frontend- und Backendsystem

Weiterhin wurde die Datenbankstruktur entwickelt, wie sie in der Grafik auf der folgenden Seite dargestellt ist. Dabei wird von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

tag_data

Es wird davon ausgegangen, dass ein Tag immer auf einem Gebinde oder Behälter klebt. Die Tabelle „tag_data“ assoziiert ein Tag mit dem zugehörigen Behälter. Dieses erlaubt z. B. mehrere Tags auf einen Behälter zu kleben, um beispielsweise die Erkennungsrate zu erhöhen.

container_data:

Diese Tabelle enthält Daten die spezifisch für einen Behälter sind, so wie der momentane Aufenthaltsort, die Maße, der Behältertyp und das Leergewicht.

content_data:

Repräsentiert den Inhalt eines Behälters. Spezifiziert die Substanz die enthalten ist, wann sie eingefüllt worden ist, wie viel die Substanz wiegt und welches Volumen sie einnimmt.

substance_data:

Repräsentiert eine Substanz an sich.

Die Tabelle enthält den Handelsnamen, die CAS Nummer und die Konzentration (für Säuren). Es ist also nötig für verschiedene

Konzentrationen eigene Einträge in dieser Tabelle zu haben. Das macht Sinn, da die Sicherheitsvorschriften abhängig von der Konzentration der Stoffe sind.

substance_rules:

Verknüpft Substanzen mit Regeln.

risk_and_safety_rules_data:

Repräsentiert regeln, zum Beispiel alle R- und S-Sätze.

"type" sagt aus von welchem Typ die Regel ist also z.B. R oder S.

Das Design ist an dieser Stelle nicht unbedingt auf R- oder S-Sätze beschränkt sondern kann im Prinzip beliebige Regeln aufnehmen (z.B. besondere innerbetriebliche).

"IpropID" verknüpft eine Regel dabei mit evtl. Ansprüchen an die Lagerbedingungen. (Eine Lagerstätte muss dann diese Eigenschaft besitzen damit der Stoff dort gelagert werden darf)

location_data:

Repräsentiert eine Lagerstätte in einem Abschnitte eines Raumes in einem Gebäude.

location_properties:

Verknüpft eine Lagerstätte mit bestimmten Eigenschaften.

location_properties_data:

Repräsentiert eine Lagerstätten Eigenschaft.

Dabei muss diese keine fixe Eigenschaft (z.B. Lüftung ist an dieser Lagerstätte vorhanden) sondern könnte durchaus auch dynamisch formuliert werden. Z.b. (Stoff X ist an dieser Lagerstätte nicht vorhanden)

Ein Raum verliert dann automatisch diese Eigenschaft sobald Stoff X an dieser Lagerstätte auftaucht.

Darstellung der Datenbankstruktur

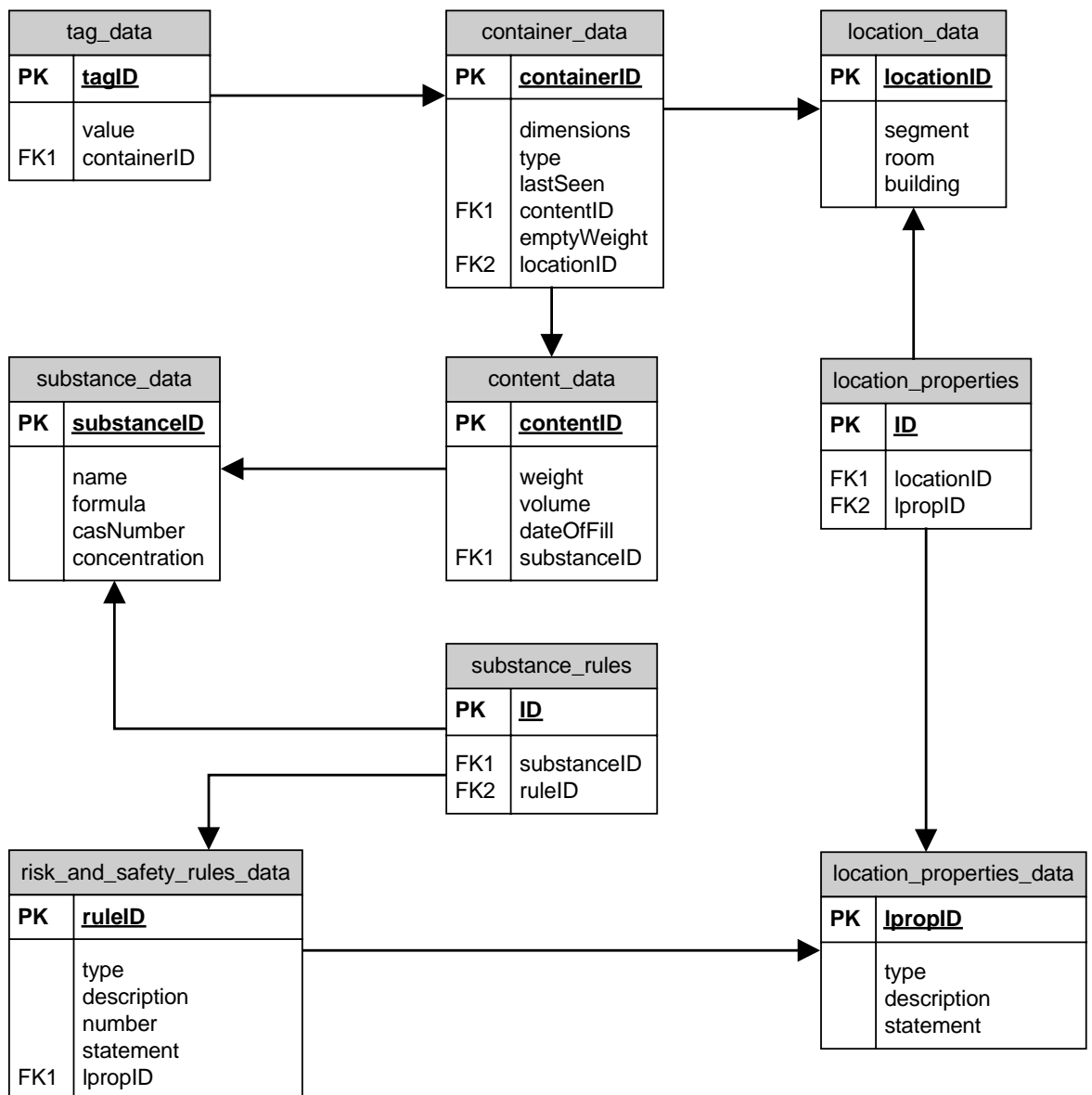


Abbildung 2: Datenbankstruktur

Die hier angegebenen Informationen beziehen sich zunächst auf die erste Ausbauphase für die Durchführung qualitativer Versuche. Die notwendigen Stoffinformationen und die Stoffauswahl sind vom Anwender abhängig. Unabhängig davon wurde eine große Anzahl von Sicherheitsdatenblättern gesammelt und ausgewertet.

Im Weiteren wurde die Frage behandelt, wie Stoffe vereinfacht überwacht und erfasst werden können, die in großen Gebinden, beispielsweise auf Paletten, gelagert und auch innerbetrieblich transportiert werden. Dabei stießen wir bei unseren Recherchen auf ein System der Firma „Dr. Ing. Plesnik GmbH“ in Aachen, das mit Hilfe von w-lan Gabelstapler mit dem Intranet des Betriebes verknüpft und ortet.

Dazu wird ein zentral-administrierbares redundantes w-lan aufgebaut, welches sich selbst überwacht und auftretende Fehler weiter gibt, damit diese ebenfalls zentral beseitigt werden können. Es sollen möglichst open Source-Projektideen bei der Konfiguration verwendet werden. Jedes Gerät kann durch zentrale Administration folgende Aufgaben einzeln aber auch gleichzeitig durchführen.

WLAN-Accesspoint,
WLAN- Client (als RDP- oder ICA-Thin Client),
WLAN-VOIP-Client (standard SIP-Telefon)

Diese Funktionen können auch mobil genutzt werden. Dann befindet sich das Betriebssystem auf einem mobilen Client, der z.B. auf einem Stapler eingerichtet ist.

Es kommen nur Standard-PC-Komponenten (bis zum Mini-PC) zu Einsatz um von den teuren Speziallösungen frei zu werden. Die nicht-mobilen Geräte werden über ein Rückgratnetzwerk zentral verwaltet. Die Clients sind "dumm" und erhalten ihr Betriebssystem während der Laufzeit vom zentralen Server. Dieser kann die Funktionen überwachen und nötigenfalls die Feldstärken anpassen. Die Funktion der automatischen Feldstärkeregelung ist noch nicht implementiert. Hieraus kann man auch eine Positionierung der Clients ermitteln, welches zu einer Ortbarkeit führt, die für die Warenbewegungen innerhalb eines Fertigungs- oder Logistik-Prozesses unabdingbar ist.

Bisher wird dieses System mit ca. 10 Accesspoints und fünf Staplern auf einem gemischten Außenlager und Innenlager, welches mit Gussteilen belegt ist, genutzt. Die Übergabe der mobilen Clients an die Accesspoints (Roaming) ist im laufenden Betrieb durch eine Spezialfunktion im Treiber (ebenfalls open Source) gelöst und hat sich als Stabil herausgestellt.

Einweitere Vorteil dieser Lösung ist, dass man ALT-PCs oder Thin-Clients, die innerhalb einer Terminalserver-Landschaft als RDP oder ICA-Clients zum

Einsatz kommen mit einer preiswerten WLAN-Karte ausgerüstet werden können und dann als zusätzliche Accesspoints genutzt werden. Damit kann man mit wenigen technischen Eingriffen eine komplette WLAN-Campus-Beschallung aufbauen.

Für die Anwendung zur Überwachung von Stoffen im Betrieb war geplant, zusätzlich zur w-lan-Einbindung der Stapler diese mit RFID-Lesegeräten auszurüsten. Damit wird beim Innerbetrieblichen Transport die jeweilige Palette erfasst, an das zentrale Überwachungssystem gemeldet und ihre neue Position dokumentiert. Die Datenbank enthält die zur Palette gehörigen Informationen zu Art und Umfang der darauf befindlichen Stoffe.

2.4 Versuchsbetrieb

Der ursprünglich geplante Versuchsbetrieb erfolgte nur in geringem Umfang als jeweiliger Tischaufbau. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse gingen, wie weiter oben beschrieben in die Konzept- und Verfahrensentwicklung ein.

Ein Versuchsbetrieb bei einem Anwender konnte nicht durchgeführt werden, da kein geeigneter Anwender gefunden wurde, der bereit gewesen wäre, an diesem Projekt mitzuwirken. Im allgemeinen wurde eine zu große Störung der laufenden Produktion befürchtet, generell waren die Anforderungen aus der neuen Chemikaliengesetzgebung (REACH) bereits organisatorisch umgesetzt.

3. Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Es sind bisher keine Veröffentlichungen erfolgt, da das Vorhaben wegen fehlender Anwenderresonanz beendet wurde.

4. Fazit

Nach dem erreichten Entwicklungsstand kann davon ausgegangen werden, dass die Überwachung der Stoffe in Betrieben mit der vorgeschlagenen Methode möglich ist und sicherer gemacht werden kann. Wir halten ein solches System nach wie vor für sinnvoll.

4. Verzeichnis der Abbildungen und Abkürzungen

Seite 6: Abbildung 1: Schema RFID-Überwachung

Seite 9: Abbildung 2: Datenbankstruktur

Abkürzungen:

REACH: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

KMU: Klein- und mittelständisches Unternehmen

RFID: Radio Frequency Identification

TAG: Etikett

RDP: Remote Desktop Protocol