

Norbert König, Michael Würth, Matthias Heinkel,
Katrin Löwe, Vera Gräff, Gerd vom Bögel, Frederic Meyer

Potenziale von RFID-Technologien im Bauwesen – Kennzahlen und Bauqualität



F 2743

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2009

ISBN 978-3-8167-8212-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



Fraunhofer Institut
Bauphysik

Bericht GB 183/2008

Potenziale von RFID- Technologien im Bauwesen - Kennzahlen und Bauqualität

Durchgeführt im Auftrag
des Bundesamtes für Bauwesen und
Raumordnung, Bonn

Aktenzeichen: Z 6- 10.08.18.7- 06.24 / II2 - F20- 06- 021

Fraunhofer IBP:

Norbert König
Michael Würth
Matthias Heinkel
Katrín Löwe
Vera Gräff

Fraunhofer IMS
(Kap. 2 + 3)
Gerd vom Bögel
Frederic Meyer

Inhalt

1	Zielsetzung	5
1.1	Ausgangslage	6
1.2	Forschungsansatz	6
1.3	Untersuchungsmethodik	7
2	Grundlagen RFID	8
2.1	Frequenzbänder und Systemeigenschaften	8
2.2	Transponder	14
2.3	Lesegeräte	20
2.4	Infrastruktur	21
2.5	Standards und Schnittstellen	22
2.6	Middleware und Server- Infrastruktur	23
3	Technologieauswahl und Erprobung	24
3.1	Randbedingungen im Bau	24
3.1.1	Prozesse	25
3.1.2	Witterung	25
3.1.3	Lebensdauer	26
3.1.4	Werkstoffumgebung	27
3.2	Anforderungen an Transponder und Lesegeräte	27
3.3	Auswahl der Frequenzbänder und Hardware	27
3.4	Ergebnisse der Erprobung	28
3.4.1	Labormessungen in HF- Kammer Duisburg	29
3.4.2	Evaluierung Handlesegeräte	35
3.4.3	Evaluierung Antennen und stationäre Lesegeräte	38
3.4.4	RFID- Gate für Fassadenelemente	39
3.4.5	Test realer Szenarien mit UHF- Transpondern und stationären Lesegeräten	40
4	Bauphysik- Kenndaten in Bauprozessen	46
4.1	Lebenszyklusphasen und Prozessdaten	47
4.2	Regeln zur dauerhaften Bauqualität	50
5	Kennzeichnung von Bauprodukten	51
5.1	Normative und gesetzliche Anforderungen	51
5.2	Derzeitige Kennzeichnungsmethoden	57
5.3	Kennzeichnungsbeispiele	61
5.3.1	Beispiele Produktetiketten	61
5.3.2	Kennzeichnung funktioneller Einheiten	62
5.4	Analyse der Fallbeispiele	68
5.4.1	Fallbeispiel 1: horizontale Abdichtungsbahn aus Bitumen und Kunststoff	69
5.4.2	Fallbeispiel 2: Metallständerwand im Trockenbau	71
5.4.3	Fallbeispiel 3: Natürliche Rauch und Wärmeabzugsgeräte (NRWG)	73

5.5	Alleinstellungsmerkmale RFID	76
5.6	Mehrwert durch elektronische Kennzeichnung	77
6	Kommunikations- und Informationspfade in Bauprozessen	78
6.1	Beschreibung heutiger Kommunikation in Bauprozessen	78
6.2	Analyse der Kommunikationswege und deren Vernetzung	81
6.3	Schwächen der Kommunikationswege	81
6.4	Verbesserungsansätze und Chancen für RFID-Technik	82
7	Baustellengerechte Benutzerschnittstellen	86
7.1	Randbedingungen und Anforderungen	86
7.2	Technologieauswahl	86
7.3	Entwickelte Prototypen	88
8	Strategien für Datenhaltung und Datenmanagement	97
8.1	Grundsätzliche Überlegungen	97
8.2	Zielgruppen	100
8.3	Möglichkeiten bei vernetzter Datenhaltung	102
8.4	Erhöhung der Ausfallsicherheit	103
9	Demonstrator Glasfassade	105
9.1	Basisuntersuchungen	105
9.1.1	Komponenten	105
9.1.2	Normative und gesetzliche Anforderungen	108
9.1.3	Kennwerte	110
9.1.4	Häufige Bauschadensursachen bei Glasfassaden	114
9.2	Anwendungsgebiete für RFID-Kennzeichnung	115
9.3	Kennzeichnungsvorschläge für einzelne Komponenten	120
9.4	Beispiele aus der Baupraxis und Prozessanalysen	124
9.4.1	InHaus2 Duisburg	125
9.4.2	Neubau Kantine IZS Stuttgart	131
9.5	Ergebnisse und Empfehlungen	136
10	Demonstrator Lüftungsanlagen	137
10.1	Basisuntersuchungen	137
10.1.1	Komponenten	138
10.1.2	Wichtige Kennwerte	138
10.1.3	Häufige Fehlerquellen	138
10.1.4	Normative und gesetzliche Anforderungen	139
10.2	Ansatzpunkte für Kennzeichnung mit RFID	141
10.3	Analyse Bauprozesse	143
10.3.1	Ausgangs- und Eingangskontrolle, Transport	143
10.3.2	Montage	145
10.3.3	Abnahme	146
10.3.4	Facility Management, Wartung und Reparatur	149
10.4	Analyse am RFID- Demonstrator	154
10.4.1	Aufbau	155
10.4.2	Durchgeführte Untersuchungen	157
10.4.3	Ergebnisse und Empfehlungen	167

11	Schlussfolgerungen	169
12	Ausblick	171
13	Quellenverzeichnis	175
14	Anhänge	183
14.1	Anhang 1: Beispiele zur Kennzeichnung von Bauprodukten (Kap. 5.3.1)	183
14.2	Anhang 2: Übersicht Kennwerte und Kennzeichnung für Fallbeispiel 1 horizontale Abdichtung (Kap. 5.4)	193
14.3	Anhang 3: Übersicht Kennwerte und Kennzeichnung für Fallbeispiel 2 Trockenbauwand (Kap. 5.4)	196
14.4	Anhang 4: Übersicht Kennwerte und Kennzeichnung für Fallbeispiel 3 NRW (Kap. 5.4)	201
14.5	Anhang 5: Muster- LV und Muster- Abnahmeprotokoll für Fallbeispiel Flachdach	203
14.6	Anhang 6: Übersicht zu bisherigen, konventionellen Kommunikationswegen bei Bauprozessen	207

1 Zielsetzung

Ziel des Projektes ist es, im Bauwesen bislang parallel oder losgelöst laufende Aktivitäten zu bündeln und zu vernetzen. Nur so können in den Arbeitsfeldern

- Informationslogistik, Baustellen- Organisation, Kosten- Management,
- Bauphysik, Neue Baustoffe und Bauteile,
- Bau- und Entsorgungslogistik,
- Multifunktionelle Transponder- Systeme,

die derzeitigen Schnittstellen und Problemzonen neu definiert und zu Synergien geführt werden. Kernziel ist die Qualitätsverbesserung und die Kostenoptimierung in der Bau- und Nutzungsphase eines Gebäudes zum Vorteil für Investoren und Nutzer. Deutliche Verbesserungen lassen sich auf diese Weise darüber hinaus im Bereich des Umweltschutzes sowie des Gesundheitsschutzes für Bauarbeiter und Nutzer erzielen. Dabei könnten sog. Radio- Frequenz-gestützte Identifikationssysteme (RFID), die in anderen Wirtschaftsbereichen bereits erfolgreich eingesetzt werden [1], hilfreiche Informationen liefern. Auf oder an den Produkten befestigte Datenträger (sog. RFID- Tags) enthalten Informationen z.B. über die Lieferkette, den geplanten Einbauort und den Empfänger und gelangen mit dem Produkt vom Werk zur Baustelle. Technische Anforderungen an Lagerung, Umschlag und Transport lassen sich genauso einfach mitführen wie Einbauanleitungen und Abnahmeprotokolle. Derartige Lösungen sind im Bereich der Baustofflogistik und für automatische Inventur von Waren bereits realisiert [2], [3], lassen sich aufgrund der Besonderheiten der Baustelle und der Lebensdauer von Gebäuden aber nicht ohne Anpassungen auf die Bauwirtschaft übertragen [4]. Vor allem für Entscheidungsträger in der Gebäudebewirtschaftung (Facility Management FM) ist es von enormer Bedeutung, nach Abschluss einer Baumaßnahme eine vollständige Bestandsdokumentation in vorhandene FM- System einzupflegen oder diese Daten als Ausgangsbasis für ein künftiges, Kosten sparendes FM- System zu verwenden [5]. Somit kommen die Baudaten nicht als Sammlung von unkoordinierten Papier- Dokumenten, wie üblich, zum Bauherrn, sondern als sog. „elektronische Gebäudeakte“, die der Betreiber/ Hausmeister für seine Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zeit- und kosteneffizient verwenden kann [6].

Das Gesamtziel, die Potenziale von RFID- Technologien im Bauwesen (hier im Hochbau) aufzuzeigen, lässt sich nicht in einem einzelnen Projekt "Kennzahlen und Bauqualität" erreichen. Hieraus folgt, dass bis zur Umsetzung in Gebäudelebenszykluskosten und der Validierung an konkreten Gebäuden mehrere Projekte "in Serie" und "parallel" durch verschiedene Projektnehmer, aber abgestimmt über die frühzeitig vereinbarten Schnittstellen und Ressourcen zu bearbeiten sind, wie dies durch die ARGE RFIDimBau [7] angegangen wird. Insgesamt scheint es nur über solche vernetzte Clusterprojekte „RFID-Techniken im Bauwesen“ möglich zu sein, die konservative Bauwirtschaft mit einer innovativen Technologie aufzuwecken, um die Bauqualität zu erhöhen und die Gebäudedekosten zu senken.

1.1 Ausgangslage

Der Bauherr und Investor eines Gebäudes wünscht sich ein solches als technisch hochwertig, fehlerfrei produziert, langfristig schadensfrei und kostengünstig zu betreiben, zum behaglichen Wohnen oder produktivem Arbeiten mit guten Eigenschaften bei Energieeffizienz, Umwelt- und Gesundheitsschutz usw. Die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen (nach Landesbauordnung LBO, Bauproduktengesetz BauPG, siehe Kap. 5) oder der Vorgaben aus der Versicherungswirtschaft sind i.a. über die Gebäudeplanung abgedeckt. Nur in wenigen Fällen erhält der Bauherr Kenntnis aus der Planung zu den o.g. Eigenschaften, um Alternativen bei den zu verwendenden Baustoffen, Konstruktionsarten oder der Baulogistik (für Herstellung und späterem Betrieb) zu erhalten und bewerten zu können. Um Bauvorhaben wirtschaftlich erfolgreich, mangel- und unfallfrei abzuwickeln, ist die Koordination der Planungs- und Herstellungsprozesse von der Fertigung bis zur Nutzung der verschiedenen Bauwerksteile als fertiges Gebäude von größter Bedeutung. Die meisten der an der Baustelle verfügbaren Materialien sind zwar etikettiert, jedoch können diese vom Vorarbeiter oder Bauhelfer kaum mit dem Sollzustand nach Ausschreibung verglichen werden. Der Einbau und die Detail- Ausführung, beispielsweise von Fugen und komplizierten dreidimensionale Anschlüssen, liegen in der Verantwortung des Bauleiters oder Handwerkers vor Ort. Daraus ergeben sich vielfach ausführungstechnische sowie bauphysikalische Probleme hinsichtlich Schallbrücken, niedriger Oberflächentemperaturen (Tauwasser- und Schimmelbildung), Luftundichtheit, Materialunverträglichkeit, Korrosion und Bauschäden oft in Millionenhöhe. Die tatsächliche Ausführung ist selten korrekt dokumentiert und im Streitfall kaum nachvollziehbar.

1.2 Forschungsansatz

In jedem Fachgebiet des Bauens gibt es eine Vielzahl von Kennzahlen und technischen Daten, die gleiche oder ähnliche Eigenschaften von Bauprodukten beschreiben, jedoch in der Definition, Darstellung und Aussagekraft unterschiedlich sind. Umgekehrt besteht das Problem, dass augenscheinlich nahezu identische Produkte unterschiedliche Eigenschaften und Funktionen haben. Ein Beispiel aus der Fassadentechnik ist in Bild 1 dargestellt. Während der Bauphase unbemerkte Verwechslungen können im Gebäudebetrieb insbesondere für sicherheitsrelevante Punkte (Statik, Brandschutz) fatale Folgen haben.

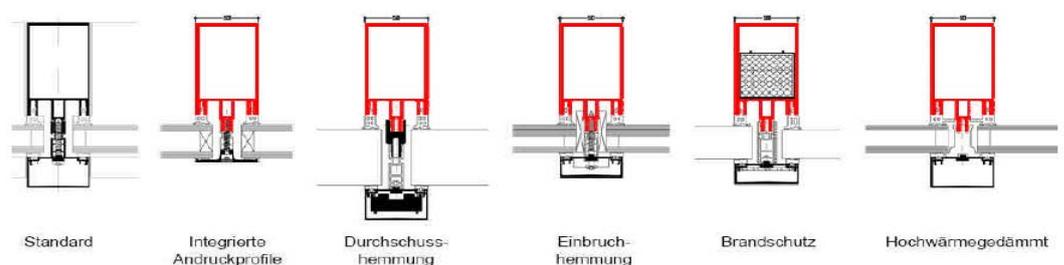


Bild 1:
Beispiel optisch ähnlicher Fassadenprofile, jedoch mit bauphysikalisch unterschiedlichen Eigenschaften [8].

Die Verknüpfung solcher Kennzahlen von Baustoffen/ Baumaterialien zu Kennzahlen und Aussagen auf den weiteren, nächst höheren Produktebenen wird anhand von konkreten Beispielen für die Anwendung der RFID- Systeme untersucht. Wo liegen die Vorteile und Chancen, aber auch die Nachteile und Risiken der Kennzeichnungs- und Identifikations- Systeme, die in anderen Wirtschaftsbereichen wie der Textilbranche längst eingesetzt werden? Hierzu stellt das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik allgemeine Hinweise zur Verfügung [9]. Welche hilfreichen Fakten liefern die in Bauprodukten integrierten Datenträger (so genannte RFID- Tags) über Herstelldaten, Lieferkette, unzulässige Lagerbedingungen wie »frostfrei«, den geplanten Einbauort und den Montageprozess? Technische Anforderungen an die Verpackung bis hin zum Einbau ließen sich auch an die Identnummer des Tags koppeln wie Einbauanleitungen und Abnahmeprotokolle. Derartige Lösungen aus der Logistik von Textilien oder Maschinen sind aufgrund der Besonderheiten des rauen Baustellenbetriebs und der langen Lebensdauer von Gebäuden aber nicht ohne Anpassungen und gezielte Untersuchungen auf die Bauwirtschaft übertragbar.

1.3 Untersuchungsmethodik

Im Rahmen der Forschungsinitiative "Zukunft Bau" des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) wurde ein Forschungscluster "RFID im Bau" 2006 eingerichtet, um 4 unabhängig beantragte Teilprojekte im Rahmen einer freiwilligen Arbeitsgemeinschaft »ARGE RFID- Technologie im Bauwesen« zu bearbeiten. Die Clusterziele und Untersuchungsmethoden erläuterten Hegner, BMVBS und die Forscher der ARGE erstmals öffentlich bei der BAU- Messe 2007 in München [10]. Im gemeinsamen Teilprojekt der Fraunhofer-Institute für Bauphysik (IBP) und für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS) sind die Arbeitspakete Ressourcen (RFID- Hardware, Lesetechniken, Middleware zu EPC- IS, multifunktionelle Sensor- Transponder), Schnittstellen (Bauprodukte, funktionelle Einheit, RFID- Technik, Nutzer am Bau) und Kennzahlen (Bauqualität, Wertschöpfung bei Gewerkeerstellung etc.) zu untersuchen. Dieses Teilprojekt »Kennzahlen und Bauqualität« berührt auch Themen und Schnittstellen zu den in den Parallelprojekten bearbeiteten Fachgebieten wie »Baulogistik«, »Gebäude- Lebenszyklus- Analysen« und »Navigations- und Ortungssysteme«. Deshalb erfolgte eine Unterstützung des LuF B+B Wuppertal bei der Durchführung von Grundlagenuntersuchungen u.a. durch die Bereitstellung von Messgeräten und der HF-Messkammer des IMS sowie regelmäßig eine Querabstimmung innerhalb der Arbeitsgemeinschaft und zum Projektträger, dem Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) als Koordinierungsstelle für das BMVBS sowie zum gemeinsamen Lenkungskreis (Gutachterausschuss). Die wesentlichen methodischen Ansätze und die Vorgehensweisen sind für alle Einzel- Projekte des Clusters RFID im so genannten Manteldokument beschrieben; die gemeinsame ARGE- Internetseite www.RFIDimBau.de gibt dazu umfangreiche, weitere Informationen.

Die Verknüpfung der Kennzahlen von Bauprodukten – in der EU- Bauprodukten- Richtlinie BPR [11] als Oberbegriff für Baustoffe (Baumaterialien), Bauteile und ganze handelbare Bausysteme wie Silo oder Fertighaus definiert – zu Kennzahlen für Baukonstruktionen ist komplex. Jedoch sind Aussagen zum bautechnischen (z. B. Statik) und bauphysikalischen (z. B. Tauwasserfreiheit in Bauteilfugen) Verhalten solcher zusammengesetzter Fassaden, Dächer, Wände

in den Bauvorschriften gefordert und nachzuweisen. Alle sechs wesentlichen Anforderungen nach BPR und dem in Deutschland umgesetzten Bauproduktengesetz (BauPG) [12] basieren auf der nächst höheren Produktebene als »Funktionelle Einheiten (FE)«, das heißt als Räume und Gebäude. Nur an einer gesamten Glasfassade einschließlich der korrekten Fugendichtbänder funktioniert z.B. der Wärme-, Schlagregen- und Schallschutz, der über die nationalen und/oder bundesländerbezogenen Bauregeln wie EnEV [13] oder die MBO/ LBO [14], [15] gefordert ist. Am Beispiel ausgewählter Gewerke, d.h. funktionaler Einheiten, die auf der Baustelle aus Einzelteilen entstehen, müssen die relevanten Kennzahlen untersucht werden. Entlang der mehrstufigen Wertschöpfungskette sind Kennwerte zu erfassen und zu bewerten für

- bestellte, angelieferte Baustoffe oder Bauteile,
- an der Baustelle zusammengesetzte und eingebaute Bauteile,
- Soll- Ist- Vergleich, Bauabnahme,
- Baudokumentation, Datenqualität, Nachweise zu Umwelteigenschaften von Bausystemen,
- FM- Anforderungen im Regelbetrieb der Gebäude.

Einige dieser Kennwerte werden beispielhaft analysiert und in aggregierte Daten zur bauphysikalischen Qualität von funktionellen Einheiten umgesetzt. Daraus lassen sich mit Hilfe der verfügbaren RFID- und Informations- Systeme die Anwendbarkeit dieser RFID- Technologie im Bauwesen an den Demonstratoren „Glasfassade“ und „Gebäudetechnik“ im Modell testen. Die Praxiserprobung und Weiterentwicklung zum Gesamtsystem soll in weiteren Projekten erfolgen.

2 Grundlagen RFID

2.1 Frequenzbänder und Systemeigenschaften

Die RFID- Technologie wird in diesem Bericht sowohl als Mittel zur reinen Identifikation betrachtet, die über die im RFID- Transponder gespeicherte Identifizierungsnummer (z.B. EPC – Elektronischer Produkt- Code) erfolgt, als auch mit zusätzlichen Funktionen, wie Sensorik gesehen. Dabei werden in erster Linie sog. passive Transponder zugrunde gelegt, die über das abgestrahlte Feld eines Lesegeräts mit Energie versorgt werden (Bild 2). Zusätzliche Hinweise zu Datenspeicherung werden in Kap. 8 und zum Einsatz von aktiven oder Sensor-Transpondern in Kap. 12 gegeben.

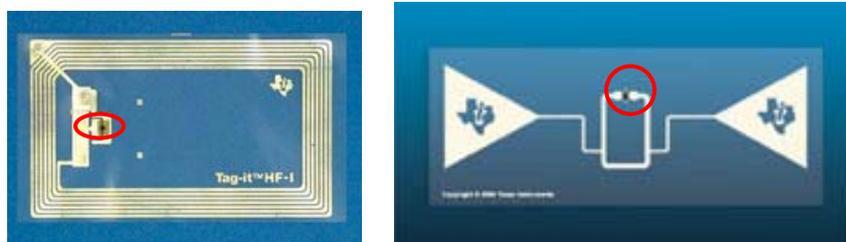


Bild 2:
Typische Bauformen passiver RFID- Transponder, links: HF- Transponder (13,56 MHz), rechts UHF- Transponder, mit Kreis markiert: Silizium- Speicherchip (Quelle: Texas Instruments).

Bedingt durch die zahlreichen Anwendungen mit unterschiedlichsten Anforderungen und die Entwicklungsgeschichte der RFID- Technologie gibt es nicht das „RFID- System“, sondern eine heterogene Vielzahl unterschiedlicher Varianten. Unterscheidungsmerkmale sind z.B. Bauformen, Lesereichweiten, Lesezeiten und Datenspeichergrößen. Klassifizieren lassen sich die Systeme jedoch am besten anhand der benutzten Übertragungsfrequenz, mit der der RFID- Transponder versorgt wird, wie es auch in Übersichtsliteratur [16], Normen ([17] bis [23] und Tabelle 2) und Produktbeschreibungen gehandhabt wird.

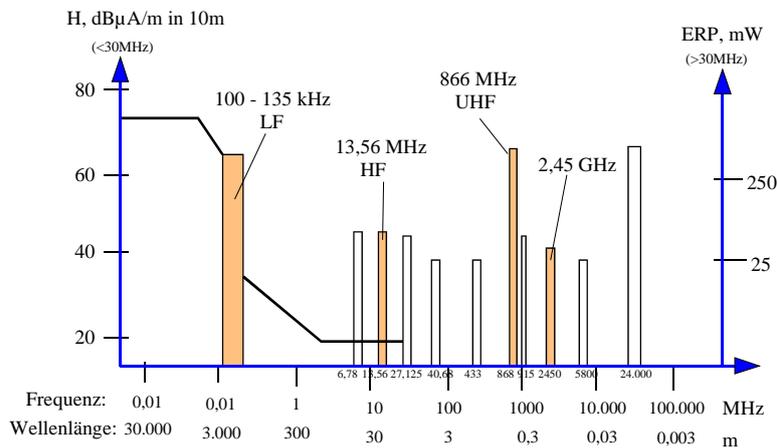


Bild 3:
Genutzte Frequenzbänder für RFID im Bereich der Radiofrequenzen.

Mit der Übertragungsfrequenz unterscheiden sich auch die Antennen von RFID-Transponder und - Lesegerät und lassen damit – soweit sichtbar – den Transponder- Typ leicht erkennen. Bild 2 zeigt einen HF- Transponder mit Spulen- Antenne für die Frequenz 13,56 MHz und einen UHF- Transponder mit Dipol- Antenne für 860 bis 960 MHz.

Die UHF- RFID- Technologie ist relativ jung, da deren Entwicklung erst Mitte der 90 er Jahre startete. Nachdem die Leistungsfähigkeit – dabei insbesondere die erzielbaren Reichweiten mit mehreren Metern – publiziert wurden [24], fand diese Technologie schnell das Interesse vieler Anwender und Hersteller. Ein wesentliches Hemmnis bei der Verbreitung waren die Zulassungsvorschriften. In den meisten Ländern waren weder geeignete Frequenzbänder noch nötige Abstrahlleistungen definiert. Erst die Norm ETSI 300 208 schaffte in Europa die Betriebsfähigkeit der UHF- RFID- Technik im Frequenzbereich von 865 bis 867 MHz. Weltweit konnten bislang noch keine einheitlichen Frequenzbereiche für die UHF- RFID- Technologie gefunden werden.

Einen Überblick zum damaligen Stand der Normung und zu den verfügbaren Geräten und Transpondern erarbeitete das IMS für die ARGE und gab diesen Bericht als sog. „RFID-Guide“ mit Empfehlungen den ARGE-Partnern und dem Lenkungsausschuss zur internen Verwendung (Version 1-1 April 2007, 60 Seiten; Version 1-3 Oktober 2007, 65 Seiten).

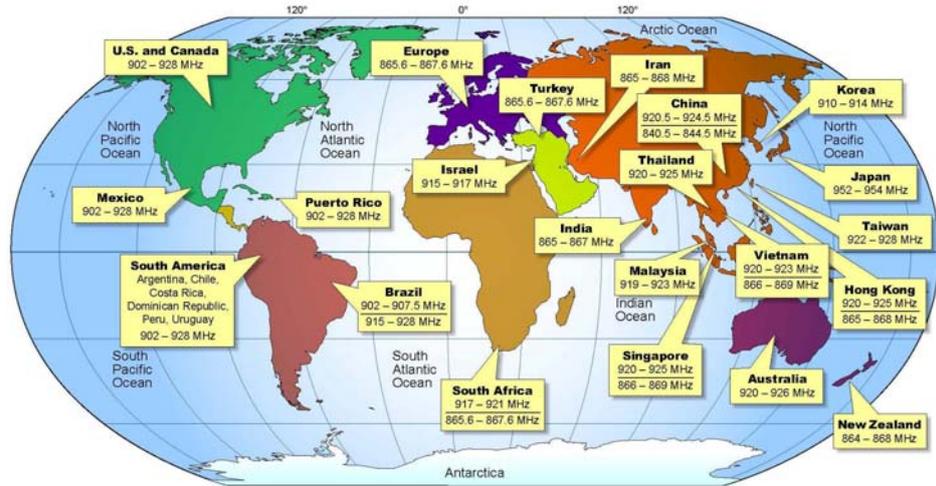


Bild 4:
UHF Weltkarte: weltweit genutzte Frequenzen im UHF- Bereich.

Die Prognosen für verkaufte Stückzahlen von RFID- Transponder, dem sog. RFID- Label zeigen nach wie vor einen starken Zuwachs für die nächsten Jahre [25]. Als Grundlage werden hierfür jedoch die Bestrebungen des Einzelhandels gesehen [16], RFID- Label auf Verpackungen (Gebinde bis Einzelprodukte) zu bringen. Dies ist auch der von Frost & Sullivan in Zusammenarbeit mit der Organisation GS1 veröffentlichten Studie zu entnehmen [26], die im Zusammenhang mit der Entwicklung der Polymerelektronik erstellt wurde. Die nachfolgende Tabelle 1 gibt die darin prognostizierte Marktentwicklung wieder.

Tabelle 1:
Prognostizierte Marktentwicklung für RFID- Transponder, nach [26].

Number of Tags (billions)	Year 2005	2010	2015
Single Tag, Item	0,5	27,0	1000,0
Pallet/ Case	0,6	30,0	35,0
Others	0,4	5,7	12,5
All categories, total	1,5	62,7	1047,5

Bedingt durch die Wettbewerbssituation und Einführung des EPC- Gen2- Standards wurde in den letzten Jahren ein deutlicher Preisverfall für RFID- Inlays verzeichnet. So bot die Fa. Alien Technologies schon Ende 2005 UHF- Transponder für 8,5 €- Cent bei Abnahmemengen von über 100 000 Stück an, die heute bei etwa 7,3 €- Cent liegen.

Man unterscheidet aktive (z. B. batteriebetriebene) Transponder und passive Transponder ohne Batterie. Bei den passiven Transpondern, werden Energie und Daten über die „Luftschnittstelle“ übertragen.

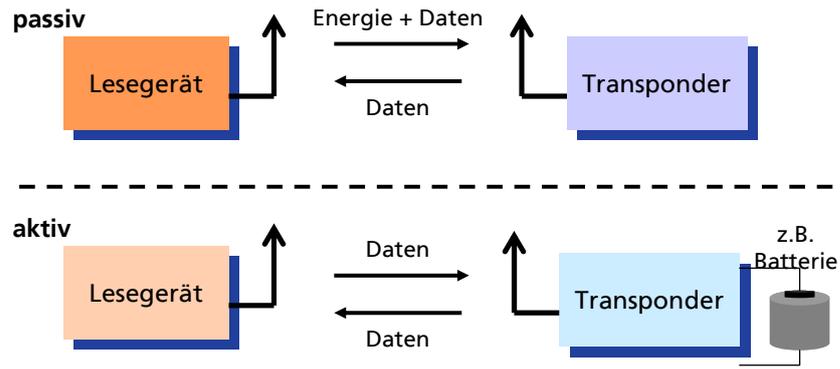


Bild 5:
Klassifizierung in passive und aktive Systeme.

Die Energieübertragung funktioniert bei den niedrigeren Frequenzen (LF, 125 kHz bis 13,56 MHz, HF) induktiv nach dem Prinzip eines lose gekoppelten Transformators (Bild 6).

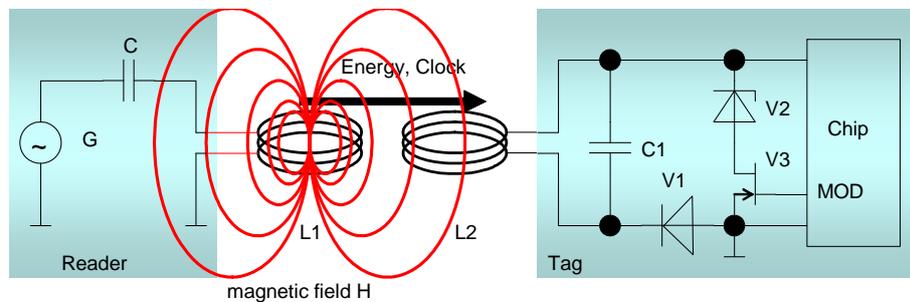


Bild 6:
Prinzip der Energieübertragung bei induktiv gekoppelten Systemen.

Der Betrag des Vektors des magnetischen Feldes durch die Spule zeigt Bild 7 und verdeutlicht damit die Feldverteilung in der Umgebung der Spulenantenne.

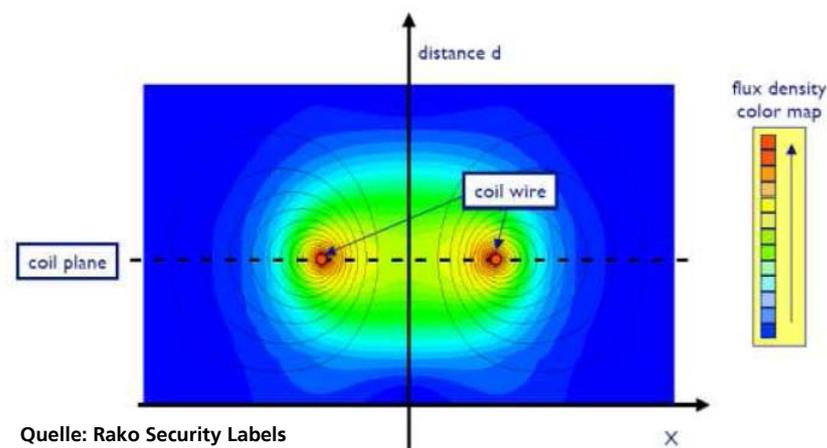


Bild 7:
Ausbreitung des magnetischen Feldes im Schnitt durch die Spule.

Das magnetische Feld H wird hier näherungsweise mit der dritten Potenz des Abstandes gedämpft:
$$H = \frac{I_2 \cdot N_2 \cdot R_2^2}{2 \cdot \sqrt{(R_2^2 + x^2)^3}}$$

Dies bedeutet, dass bei halber Leistung nur ein Achtel der Reichweite erzielt werden kann. Das folgende Bild 8 zeigt diesen Einfluss.

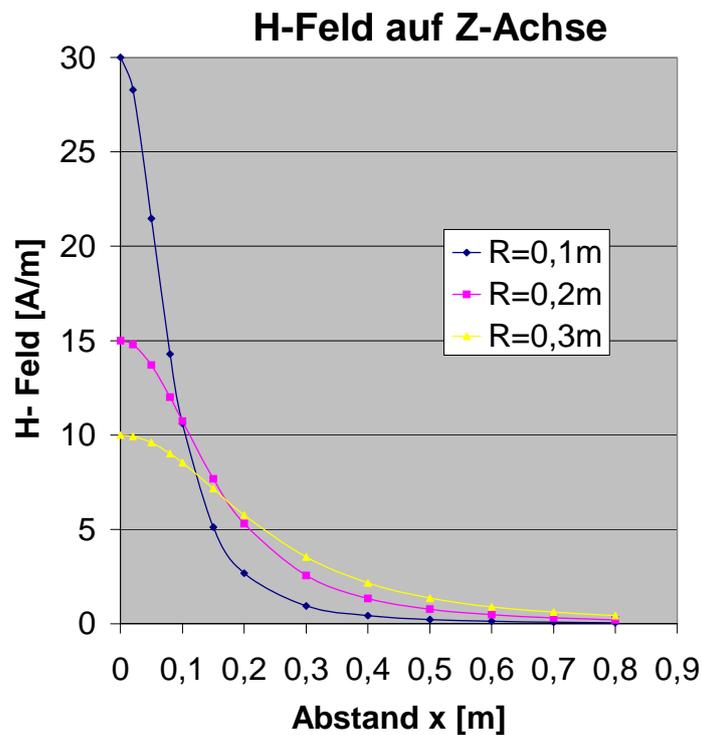


Bild 8: Abhängigkeit der Feldstärke vom Abstand zwischen der Basisstation- Lesean-
tenne und dem Transponder.

Bei höheren Frequenzen (ab ca. 100 MHz) spricht man von elektromagnetischer Kopplung. Es löst sich eine Welle von der Sendeantenne, welche den Transponder erreicht. Eine Dipolantenne strahlt ähnlich einem Donat in alle Richtungen, außer der Antennenachse selbst. Diese einfache Antenne ist kostengünstig zu erzeugen, verschwendet aber Energie in alle (auch unerwünschte) Richtungen. Daher werden in der Praxis meist Antennen mit Richtwirkung genutzt (Bild 9). Diese besitzen eine sogenannte Richtkeule.

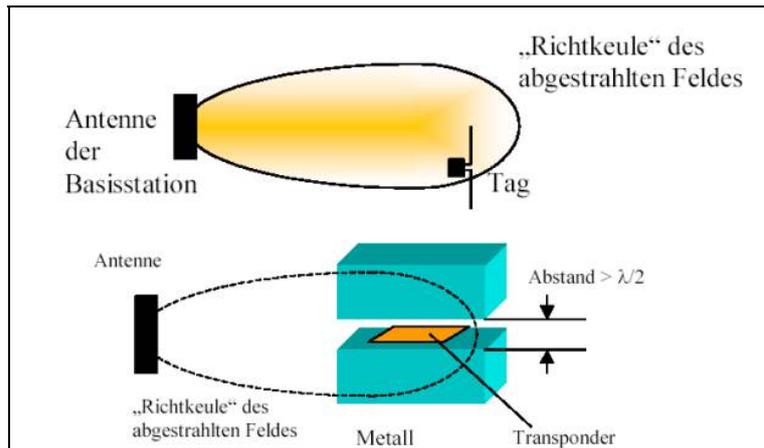


Bild 9:
Schematische Darstellung einer Antenne mit Richtwirkung.

Das folgende Bild zeigt einen ungefähren Zusammenhang zwischen abgestrahlter Leistung und Reichweite eines UHF - Transpondersystems im Frequenzband bei 865 MHz.

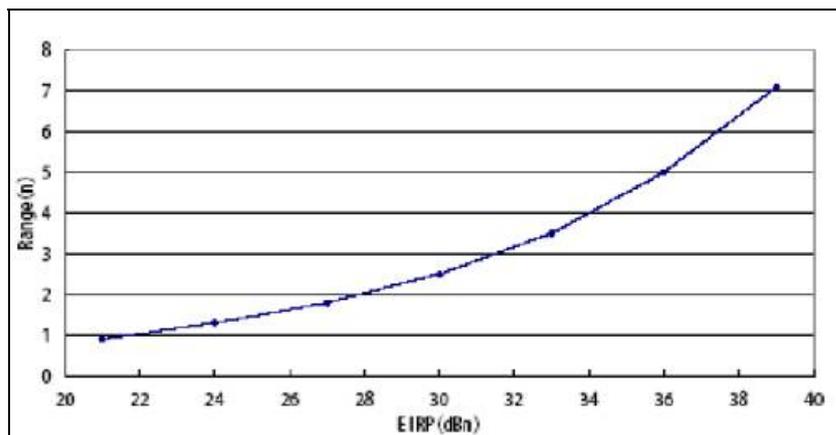


Bild 10:
Zusammenhang zwischen Reichweite (m) und Leistung (dBm).

Dabei entspricht eine Leistung von 2 W dem Wert von 33 dBm in der logarithmischen Notation. In der Norm ETSI 302208 sind Sendeleistungen von 2 W ERP spezifiziert. Ein Halbwellendipol hat einen Antennengewinn von 2,14 dBi und daraus resultiert eine effektiv abgestrahlte Leistung von 35,14 dBm, bezogen auf einen isotropen Strahler. Dies ergibt eine Antennenreichweite in diesem Beispielfall bis zu 5 m; auch höhere Antennengewinne lassen sich realisieren, abhängig von der Antennenbauform und den Umgebungseinflüssen.

Dabei bezieht sich diese Reichweite auf den sog. sicheren Bereich, in dem ein Transponder immer empfangen werden kann. Es gibt aber auch Überreichweiten, wie sie in der nächsten Abbildung gezeigt werden. Die Reichweiten sind von den Umgebungseinflüssen abhängig. Richtwirkung und Gewinn sind von der Antennencharakteristik und der Effektivität abhängig (vgl. Datenblätter von Antennen).

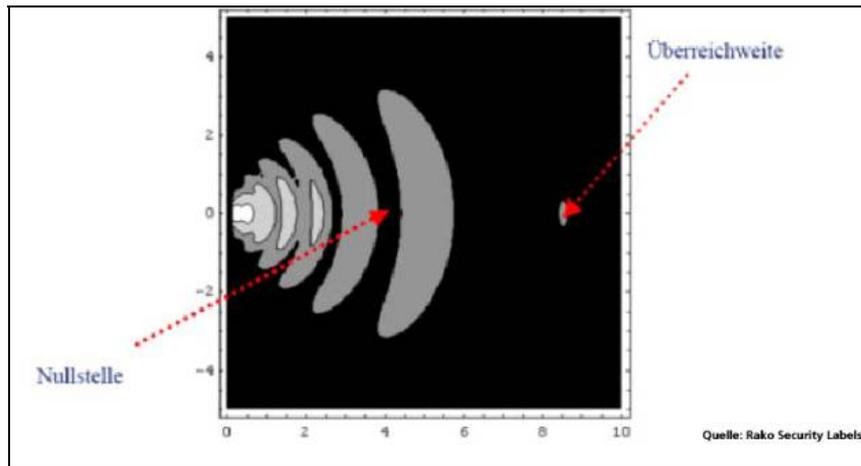
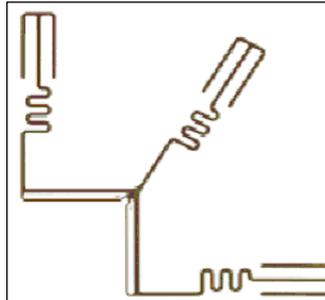


Bild 11:
Überreichweiten im UHF Bereich.

2.2 Transponder

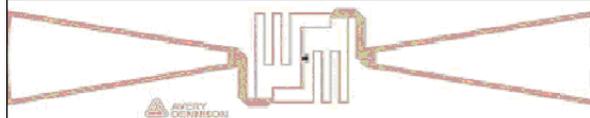
Nachfolgend sind 18 marktgängige Transponder aufgeführt, die bereits Einsatz in zahlreichen Anwendungen finden. Die Liste zeigt Transponder- Bauformen und ist dem Benchmarktest 11/2006 entnommen. Diese Testergebnisse dürfen aus rechtlichen Gründen hier nicht veröffentlicht werden; es sei auf die eigenen Untersuchungsergebnisse und Anmerkungen in Kapitel 3 verwiesen, die sich speziell auf den Einsatz in der Bauwirtschaft beziehen.

1. Alien – Omni Squiggie



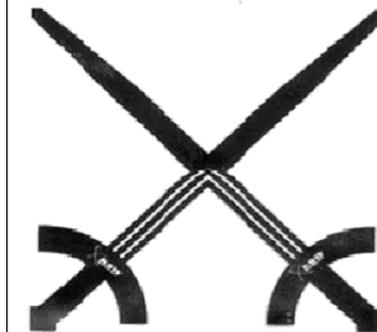
(1)

2. Avery Dennison – AD 612



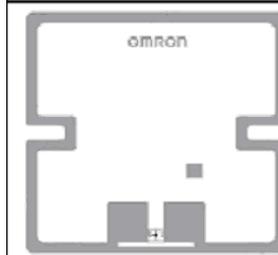
(2)

3. KSW – Excalibur



(3)

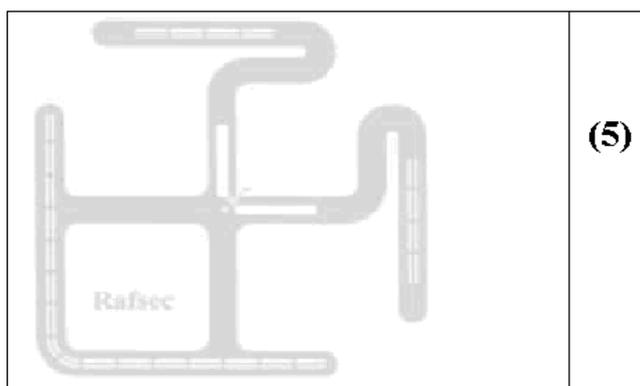
- Omron – Loop



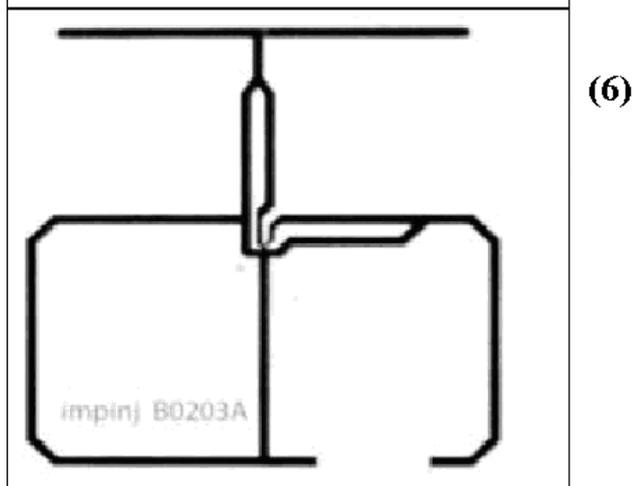
(4)

Bild 12:
Transponder Nr. 1 bis 4 aus Benchmarktest.

- Raflatac – Frog



- RSI – Impinj Banjo



- Symbol – 4x4

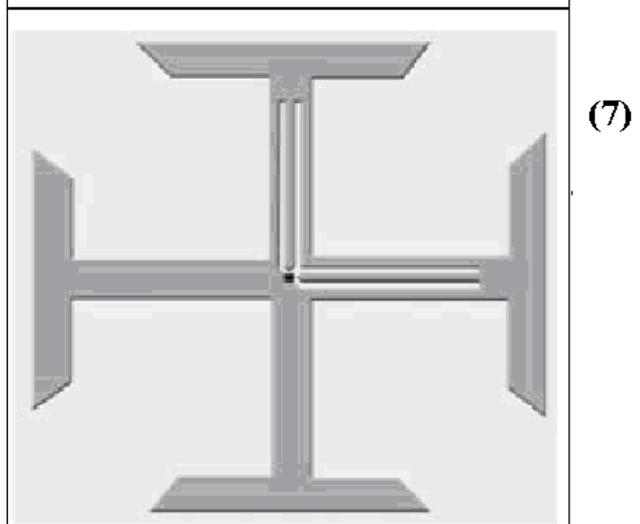


Bild 13:
Transponder 5 bis 7 aus Benchmarktest.

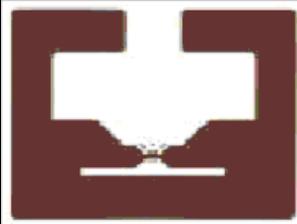
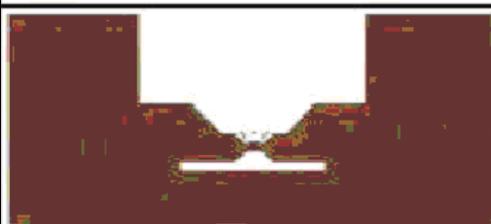
8. Alien – 2x2		(8)
9. Alien – Squiggle		(9)
10. Alien – M		(10)
11. Alien – Castle		(11)
12. KSW – Templar		(12)
13. Omron – Wave		(13)
- Raflatac – Dogbone		(14)

Bild 14:
Transponder 8 bis 14 aus Benchmarktest.

15. RSI – 633



(15)

16. RSI – Impinji Jumpinj Jack



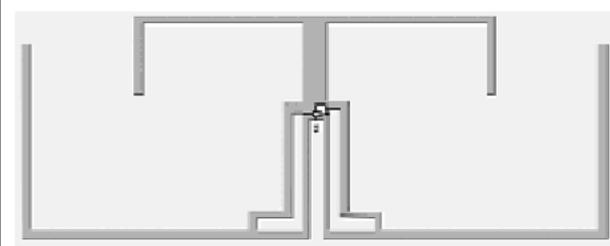
(16)

17. RSI – Impinj Thin Propeller



(17)

- Symbol – 2x4



(18)

Bild 15:
Transponder 15 bis 18 aus Benchmarktest.

Sonderbauformen von RFID-Transponder für die Anwendung auf Metall:

- Deister



- Avery Dennison



- Sokimat



- Hitachi



Weitere sind u.a. Intermec, Smart – Tec, Wisteq, rfid – systems

2.3 Lesegeräte

- Feig – Reader

Der Feig UHF- Reader besitzt eine Zulassung nach ETSI 302208, d.h. er ist nach der neuen seit Februar 2006 gültigen Norm tauglich. Die an die Antenne abgebbare Leistung ist bis 2 W einstellbar. Das Lesegerät ist netzwerkfähig und verfügt über einen LAN- Anschluss (Ethernet), sowie eine Erweiterungsmöglichkeit für WLAN. Das Lesegerät wird komfortabel mittels mitgelieferter Software (OBID) angesprochen. Die Software läuft stabil. Das Lesegerät ist nach Hersteller- Angaben und Test im IMS für den Standard Gen2 tauglich. Das Lesegerät ist in einem Temperaturbereich von – 25 °C bis +55 °C einsetzbar. Das Gehäuse ist robust und gegen Spritzwasser geschützt.



Bild 16:
Elektronik des UHF- Lesegerätes von Feig.

Der Feig Reader UHF 1000 ist durch den Hersteller selbst vom Markt genommen und durch das neue Modell UHF 2000 ersetzt worden. Während der Projekt-Messkampagne April 2007 war somit kein neues Feig- Readermodell vorhanden. Die Schnittstellen Ethernet und RS232 sind eingebaut, aufgrund des weniger robusten Gehäuses kann im Reader auch direkt WLAN nachgerüstet werden. Die Software „Obid ID“, die von Feig beigestellt wird, ist komfortabel in der Handhabung, Bedienbarkeit und in den Einstellmöglichkeiten.

b) Deister – Reader

Der Deister Reader unterscheidet sich von den anderen Readern indem in jedem Antennenelement ein Readerelement integriert ist. Aufgrund dieses Umstandes ist er in der Anschaffung teurer wie andere Reader. Die Antennen- Readereinheit kommuniziert über RS485 mit einer zentralen Steuereinheit. Vorteil: es müssen keine empfindlichen Hochfrequenzkabel verlegt werden, sondern nur RS485-Kabel. Zusätzlich zur Schnittstelle RS485 bietet Deister einen Konverter von RS485 auf USB an. Die Steuereinheit hat einen Ethernetanschluss. Die Firma Deister liefert mit den Readern eine Demosoftware mit. Diese ist unkomfortabel, bietet aber über Kommandozeileingaben die Konfigurierbarkeit des Readers.

c) Siemens – Reader

Der Reader ist sehr robust gebaut und für den Baustelleneinsatz geeignet. Als Schnittstellen sind Ethernet und RS232 eingebaut. Siemens liefert eine Software zum Konfigurieren des Readers mit. Darin ist eine Monitorfunktion integriert, die die Transponder ID und die Anzahl der Lesungen anzeigt. Die Möglichkeit Transponder (EPC und Speicher) selber zu beschreiben fehlt.

d) Intermec – Reader

Der Intermec Reader Version IP3 arbeitet nach der neuen Norm ETSI 302208. Er unterstützt kein Standard EPC Class1, ist aber nach Herstellerangabe in dieser Version Gen2 tauglich. Die abgestrahlte Leistung wurde geprüft und betrug 1,05 W (bis 2 W erlaubt). Das Lesegerät ist netzwerkfähig und verfügt über einen LAN- Anschluss (Ethernet) sowie eine Erweiterungsmöglichkeit für WLAN. Die mitgelieferte Software ist sehr stabil, übersichtlich und einfach zu bedienen. Das Lesegerät ist in einem großen Temperaturbereich von – 20 °C bis +50 °C einsetzbar. Das Gehäuse ist robust und gegen Spritzwasser geschützt.

e) Samsys – Reader

Der Samsys Reader in der Version 2.27 arbeitet noch nach der alten Norm ETSI 300220. Es kann zwar Leistungen bis 2 W abstrahlen, arbeitet aber noch auf der alten Frequenz (869 MHz statt 865 MHz). Es ist in dieser Version auch nicht Gen2 tauglich. Die abgestrahlte Leistung wurde geprüft und betrug genau 2 W (bis 2 W erlaubt). Das Lesegerät ist netzwerkfähig und verfügt über einen LAN- Anschluss (Ethernet), sowie eine Erweiterungsmöglichkeit für WLAN. Die mitgelieferte Software spricht das Gerät über Parameter an, musste jedoch mehrmals während der Testreihen neu gestartet werden. Das Lesegerät ist in einem großen Temperaturbereich von – 20 °C bis +50 °C einsetzbar. Das Gehäuse ist robust aber nicht gegen Spritzwasser geschützt.

f) ADT / Tyco

Das ADT UHF- Gate besitzt eine Zulassung nach ETSI 302208, d.h. ist nach der neuen seit Februar 2007 gültigen Norm geprüft. Die abgestrahlte Leistung wurde gemessen und betrug 1,9 Watt (bis 2 Watt erlaubt). Nach eigenen Angaben sind bis zu 8 Antennen an einem Lesegerät anschließbar, was Durchfahrhöhe bis zu einer Gatehöhe von 4 m ermöglicht. Das Lesegerät ist netzwerkfähig und verfügt über einen LAN- Anschluss (Ethernet) sowie eine Erweiterungsmöglichkeit für WLAN. Das Lesegerät wird komfortabel mittels Browser angesprochen. Die Software läuft stabil. Ein sogenannter Device Commander ermöglicht die Abfrage und Verwaltung mehrerer Lesegeräte über das Netzwerk. Auch ein Einspielen von Firmware Updates ist dadurch über das Netzwerk möglich. Das Lesegerät ist nach Herstellerangaben tauglich für den Standard EPC Gen2 (ISO 18000- 6c), jedoch nur in einem eingeschränkten Temperaturbereich von 0 °C bis 40 °C einsetzbar. Das Gehäuse ist gegen Feuchtigkeit und Stöße geschützt zu installieren.

2.4 Infrastruktur

Die Anforderungen an die notwendige Infrastruktur haben sich im Laufe der Weiterentwicklung deutlich vereinfacht [27]. Waren vor einigen Jahren noch

serielle Schnittstellen (RS232) die einzige Schnittstelle vom Rechner zum Lesegerät, verfügen fast alle neuen Systeme über Netzwerk (Ethernet) und USB- Anschlüsse. Viele Hersteller bieten zusätzlich verschiedenste Feldbusse als optionale Schnittstelle an. Ebenso verfügen alle gängigen Handlesegeräte über eine WLAN- Schnittstelle. Somit kann heute schon ein stationäres System mit der Bereitstellung eines Stromanschlusses (230 V- Netz) und einem WLAN- Netzwerk installiert werden. Sollten hohe Anforderungen an die Sicherheit (Störsicherheit und Abhörsicherheit) bestehen, ist parallel zur Stromversorgung auch ein drahtgebundenes Datennetz zu bevorzugen.

Es sind also neben den eigentlichen RFID- Komponenten nur Standard- Komponenten notwendig, die auch in der Vernetzung von Industrieanlagen und Büros Verwendung finden. Aufwendiger wird der RFID- Einsatz im Baubetrieb, da auch hier in den seltensten Fällen Datennetze zur Verfügung stehen und die Stromversorgung im Baufortschritt ständigen Änderungen unterliegt. Dies ist bei der Einsatzplanung bei stationären und mobilen RFID- Lesegeräten zu berücksichtigen. Durch die eingeschränkte Übertragungsreichweite bei WLAN- Strecken ist mit Repeatern zu arbeiten.

Bei Handlesegeräten wurden gute Erfahrungen mit GPRS- Schnittstellen gesammelt. Dabei nutzt das Gerät die Möglichkeit sich über das Mobilfunknetz an den Server anzumelden. Nachteilig sind hier die zusätzlichen Kosten durch die Mobilfunkverbindungen.

2.5 Standards und Schnittstellen

Die bereits veröffentlichten und derzeit in Entwicklung befindlichen Standards bilden eine wesentliche Basis für den Einsatz und Erfolg der RFID- Technologie und sollen eine Interoperabilität der verschiedenen Komponenten eines RFID- Systems sicherstellen. Die ISO/ IEC- Standards für die Automatische Datenerfassung werden in den Komitees des JTC 1/ SC 31 geschrieben. Dort erfolgt derzeit die Bearbeitung der Technologien optischer Identifikation (Barcode, Matrixcode) parallel zu den radiofrequenten Technologien mit RFID zusammen mit den verbundenen Datenstrukturen und Parametern der Leistungsbeschreibung. Die deutsche Gruppe der AIM (Association for Automatic Identification and Mobility) entsendet Experten zu ISO/ IEC in Verbindung mit dem DIN, Normenausschuss NA 043- 01- 31. Derzeit laufen Aktivitäten [28] u. a. zur Schaffung eines RFID- Emblems, um am Etikett eines Produkts zu erkennen, ob und welche Art von RFID- Tag enthalten ist (ISO 1736x). Zur Software System Infrastruktur für RFID entstand die Normenreihe ISO/IEC 24791 und zu den RFID- Datenprotokollen die Reihe ISO/IEC 15961, in der festgelegt wird, wie Chipdaten einer bestimmten Applikation zugeordnet sind. In 2005 überführte die ISO den EPC- Gen- 2- Standard in den weltweit gültigen ISO- Standard 18000- 6c. Die nachfolgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Standards der Luftschnittstellen d.h. der Kopplung von Tag und Lesegerät.

Tabelle 2:

Klassifizierung der RFID- Systeme in der Norm ISO 18000 nach Frequenzen der Luftschnittstelle, aus [29]. Legende: ✓ = Standard veröffentlicht; E = Standard in Entwicklung; AMD = Anhang/ Revision.

Status	Nummer	Anwendungsbereich – Frequenzbereich
✓	ISO/ IEC 18000 – 1:2004	Luftschnittstellen – Referenz- Architektur und Parameterbeschreibung
E	- AMD 18000 – 1	Luftschnittstellen – Referenz- Architektur und Parameterbeschreibung
✓	ISO/ IEC 18000 – 2:2004	Luftschnittstellen - < 135 kHz (LF)
E	- AMD 18000 – 2	Luftschnittstellen - < 135 kHz (LF)
✓	ISO/ IEC 18000 – 3:2004	Luftschnittstellen – 13,56 MHz (HF)
E	- AMD 18000 – 3	Luftschnittstellen – 13,56 MHz (HF)
✓	ISO/ IEC 18000 – 4:2004	Luftschnittstellen – 2,45 GHz (SHF, MW)
E	- AMD 18000 – 4	Luftschnittstellen – 2,45 GHz (SHF, MW)
✓	ISO/ IEC 1800 – 6:2004	Luftschnittstellen – 860- 960 MHz, Typ A & B (UHF)
✓	- AMD 18000 – 6	Luftschnittstellen – 860- 960 MHz, Typ C (UHF)
✓	ISO/ IEC 1800 – 7:2004	Luftschnittstellen – 433 MHz (UHF)
E	- AMD 18000 – 7	Luftschnittstellen – 433 MHz (UHF)
✓	ISO/ IEC TR 24710 – 10:2004	Luftschnittstellen – Elementartransponder

Weiterhin wurden begleitende Standards verabschiedet: Testmethoden, vereinfachte Luftschnittstelle und Daten, sowie Begriffsdefinitionen. Die ETSI erarbeitet parallel dazu eine Empfehlung (TR 102436) zum Einsatz von UHF- Systemen in Europa. Neben den Luftschnittstellen sind Punkte wie Datenprotokolle, Gerätemanagement, Anwendungsstandards und Schnittstellen zur Middleware standardisiert. Eine nutzerfreundliche Übersicht und Zusammenstellung der wesentlichen Standards ist in dem Ident-Jahrbuch „Standards für RFID“ [29] zusammengestellt. Eine ausführliche Darstellung von Nutzen und Chancen einer weitergehenden Standardisierung auch zu diversen Applikationen ist aktuell im Schlussbericht zum EU- Projekt „Recommendations for European RFID Standardisation Activities“ veröffentlicht [30]. Weitere Hinweise zur RFID- Datenhaltung und zum Datenmanagement finden sich im Kapitel 8.

2.6 Middleware und Server- Infrastruktur

Die Vorteile der RFID- Technologie erschließen sich ausschließlich in Verbindung mit einer geeigneten, anwendungsspezifischen IT- Infrastruktur, deren funktionaler Kern die sog. Middleware als Koppelprogramm darstellt. Dies haben viele Pilotprojekte in der Vergangenheit gezeigt. Aus den Aktivitäten des Groß- und Einzelhandels ist dabei der EPC- Standard entstanden [31], der mittlerweile mehrere Korrekturzyklen durchlaufen und so ein hohes Detaillierungsniveau erreicht hat. Wichtig dabei ist, dass nicht die Middleware- Funktionen an sich, sondern die zahlreichen Schnittstellen zwischen RFID- Frontend und Datenbanken spezifiziert sind. Dies ermöglicht auch die effiziente Nutzung in anderen Anwendungen wie der Bauindustrie. Da die Standardisierung in den höheren Ebenen oberhalb der Lesegeräte noch recht jung ist (EPC- IS seit Sommer 2007)

oder noch nicht abgeschlossen ist (EPCglobal- Kernservices), stehen noch keine geeigneten standardkonformen Software- Lösungen zur Verfügung. Auch im Rahmen des BBR- Projektes und in der ARGE- RFID wurde auch auf einer ähnlichen Architektur aufgesetzt, die auch in späteren Phasen portiert werden kann.

Aus dem Baugewerbe selbst sind ebenfalls Ansätze für anwendungsspezifische Lösungen im Bereich Middleware, Server- Infrastruktur und Datendienste hervorgegangen. Als wesentliche Aktivität ist „bau.class“ zu nennen, das aus „e.class“ (Fa. fdata) hervorgegangen ist und sich auf die Klassifizierung von Produkten konzentriert [32].

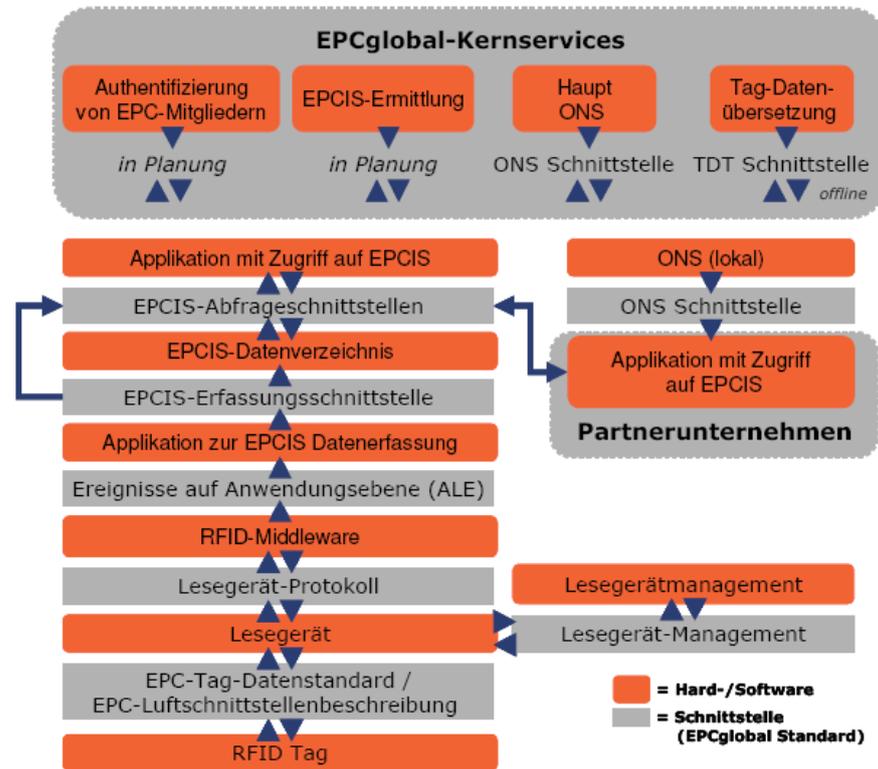


Bild 17:
Schnittstellen im EPC- System, nach [31].

Die derzeitigen Erkenntnisse lassen eine Kombination aus EPC und bau.class für die Umsetzung eines neuen IT- Systems am Bau sinnvoll erscheinen. An dieser Stelle sind jedoch erst Grobkonzepte erarbeitet, die noch in zahlreichen Einzel- und Iterationsschritten detailliert werden müssen.

3 Technologieauswahl und Erprobung

3.1 Randbedingungen im Bau

Die RFID- Technik hat sich in der Fahrzeugbranche mit der Produktherstellung im Fabrikbetrieb deshalb etabliert, weil die Anwendung von Lesegeräten, Antennen und Transpondern unter „geschützten“ Bedingungen im Vergleich zum rauen Hochbaubetrieb erfolgt. Welche Besonderheiten sind am und im Bau aus der Sicht der RFID- Technik zu beachten?

3.1.1 Prozesse

Generell lassen sich zur Optimierung der Prozesse in der Bauwirtschaft verschiedene Szenarien der Identifikation mittels RFID implementieren, wie in Tabelle 3 aufgeführt. Die ganz wesentlichen Anforderungen sind dabei die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit, wobei derzeit nur der erste Punkt im Fokus stehen soll.

Tabelle 3:
Beispiele von Szenarien der Identifikation mittels RFID.

Bauprodukt	Prozessschritt	Wie wird identifiziert	Wo wird identifiziert	Leseabstand
Einzelprodukte: Bauzaunemente Maschinen Stahlbauteile Treppen-Fertigteile Brandschutzklappen Lichtkuppeln	Wareneingang,	Handleser (mobil), Gate- Leser (stationär)	Einfahrt Entladung, Lager, Einbauort	bis 50 cm
	Einlagerung,			mobil,
Gebinde: Steine Dichtstoffe Fliesen Leuchten	Einbau			bis 4 m
	Abnahme, Inbetriebnahme			stationär
Liefereinheiten: Beton, Aushub, Wertstoffe, Container	Wartung, Instandhaltung		Einfahrt Entladung, Lager, Einbauort	
	Umbau, Sanierung			
	Wiederverwendung, Verwertung		Ein- / Ausfahrt Entladung, Lager, Einbauort	

Tabelle 3 zeigt eine Art „Wunschliste“, die nahezu alle Kombinationen von Bauprodukten mit Leseszenarien zulässt. Für den praktischen Einsatz ist jedoch jede Kombination im Einzelfall auf die zwei o. g. Randbedingungen zu prüfen.

3.1.2 Witterung

Im Gegensatz zu den bekannten RFID- Anwendungen, wie der im Einzelhandel, stellt die Bauwirtschaft besondere Anforderungen durch den Einsatz im Freien. Daher sind an die Transponder, Lesegeräte und deren technisches Zusammenwirken entsprechende Kriterien zu stellen. Nachfolgend sind die wesentlichen witterungsbedingten Anforderungen mit einer qualitativen Einschätzung der Erfüllbarkeit aufgelistet:

- Arbeitstemperaturbereich von – 20 °C bis +60 °C:
Dieser Temperaturbereich wird von allen Komponenten (Transponder, Lesegeräte) eingehalten, solange nicht anders beschrieben. Bei diesen Komponenten gilt der industrielle Bereich, der bis +85 °C spezifiziert ist. Einzige

Ausnahme kann in einigen Fällen das Display von Handlesegeräten darstellen, da Flüssigkeitskristallanzeigen (LCD) oft auf +10 °C bis 40 °C eingeschränkt sind. Erhöhte Anforderungen können bei Heizungsanlagen und/oder Dächern auftreten, siehe hierzu die Anmerkungen zum Thema Lebensdauer weiter unten.

- Wasserdicht für Tropf-, Spritz- und Tauchwassereinfluss:
Diese Anforderung wird von den Transpondern erfüllt. Die Elektronik von stationären Lesegeräten ist in entsprechend dichte Gehäuse zu integrieren, Handlesegeräte sind eher wie Mobilfunkgeräte nicht wasserdicht oder als dichte Geräte sehr viel teurer.
- Lesbarkeit der Transponder bei Eis- oder Schneeabdeckung:
Bei UHF- Transpondern sinkt die Reichweite bei Vereisung und Schneeeauflage. Bei Lesung mit Handgeräten ist das in der Regel kein Problem, bei stationären Lesungen mit Torantennen sind Fehllesungen wahrscheinlich.
- Lesbarkeit der Transponder bei hoher Luftfeuchte und Niederschlag:
Bei UHF- Transpondern wird die Reichweite bei hoher Luftfeuchte und starkem Niederschlag etwas sinken. Bei Lesung mit Handgeräten ist das in der Regel kein Problem, bei stationären Lesungen sind Fehllesungen möglich.
- Ablesbarkeit von Displays bei direkter Sonneneinstrahlung:
Es sind im outdoor- Einsatz große Unterschiede bei der Ablesbarkeit von Displays feststellbar. Es sollten daher nur Geräte verwendet werden, die ausdrücklich auch für den Außenbereich geeignet sind.

Generell hat sich im Laufe des Projekts gezeigt, dass die am Markt verfügbaren Transponder hinsichtlich der Witterungsanforderungen deutlich verbessert wurden, ebenso sind Handlesegeräte auf dem Markt erschienen, die den Anforderungen für den Einsatz im Außenbereich genügen. Probleme bereiten nach wie vor Antennen für stationäre Lesegeräte. Hier mussten in allen Fällen spezielle Abdichtmaßnahmen ergriffen werden.

Ebenfalls fehleranfällig sind WLAN- Funkverbindungen zwischen Lesegerät und IT- System. Diese arbeiten im Mikrowellenbereich, dessen elektromagnetischen Felder bei Anwesenheit von Wasser stark gedämpft werden (vergleichbar dem Effekt in Mikrowellenöfen).

3.1.3 Lebensdauer

Die erwarteten Lebensdauern liegen bei den Lesegeräten im gleichen Bereich wie bei Kleingeräten und Werkzeugen, die keiner besonderen Belastung ausgesetzt sind, also etwa vier bis acht Jahre, was leicht erfüllt werden kann. Die erwartete Lebensdauer von Transpondern wird durch den Prozess bestimmt und sollte von wenigen Wochen (z.B. bis zur Verwendung oder Verbrauch eines Gebindes) bis zu Jahrzehnten betragen, wenn das Bauteil über den ganzen Lebenszyklus des Gebäudes identifizierbar sein soll. Einige Hersteller sagen zurzeit Lebensdauern bis zu 20 Jahren zu. Bei diesen Angaben sind immer die auftretenden Temperaturen und mechanischen Belastungen zu berücksichtigen. Insbesondere hohe Temperaturen über + 85 °C können bei längerer Einwirkung zu Verlusten des Speicherinhalts führen. Da in der Regel in Gebäuden diese hohen Temperaturen nicht auftreten, erfüllen Transponder diese Anforderung.

Ausnahmen sind bei Heizungsanlagen zu erwarten. Hierfür müssen gesonderte Betrachtungen vorgenommen werden. Sind keine „kalten“ Stellen zu finden, kann auf teurere Varianten zurück gegriffen werden, die eine Temperaturfestigkeit von + 125 °C aufweisen.

3.1.4 Werkstoffumgebung

Sehr häufig finden metallische Werkstoffe Anwendung in der Bauwirtschaft und damit müssen Transponder auch zwingend auf metallischen Untergründen montierbar sein. Grundsätzlich beeinflussen metallische Objekte die Kommunikation zwischen Transponder und Lesegerät sehr stark. In den letzten Jahren hat die RFID- Technologie jedoch auch hierbei gute Fortschritte gemacht und bietet spezielle Transponder für metallische Untergründe an („tag on metal“). Die Eigenschaften sind in vielen Anwendungsszenarien kaum schlechter als metallfreie Umgebungen, die Transponder dürfen zum Lesegerät nur nicht abgeschattet sein. Ähnliche Probleme können bei der Anwesenheit von Wasser auftreten, wie im Abschnitt „Witterung“ bereits erwähnt. Ist ein Transponder von Wasser umgeben, kann er nicht mehr gelesen werden, weil die Feldabsorption zu stark ist.

3.2 Anforderungen an Transponder und Lesegeräte

Neben den besonderen Anforderungen durch die Anwendung der RFID- Technologie in der Bauwirtschaft, wie in Abschnitt 3.1.2 bis 3.1.4 dargestellt, gelten weitere allgemeine Anforderungen und prozessspezifische Anforderungen:

- Erfüllung der allgemeinen Richtlinien der CE- Kennzeichnung und Funkzulassung,
- Erfüllung der Ergonomie- und Sicherheitsrichtlinien.

3.3 Auswahl der Frequenzbänder und Hardware

Zur Begründung der Auswahl der Frequenzen und der RFID- Hardware sind nachfolgend in der Tabelle 4 die wesentlichen Eigenschaften der RFID- Systeme in Abhängigkeit von der genutzten Frequenz dargestellt. Die wichtigen Punkte sind die Lesereichweite und die Verträglichkeit mit dem Untergrund, auf die die RFID- Transponder angebracht sind.

Tabelle 4:
Technologievergleich und Lesereichweiten zum Einsatz im Bauwesen.

Randbedingung / Umgebungsmaterial:	RFID- Technik: LF (120 bis 135 kHz)	HF (13,56 MHz)	UHF (866 MHz)	SHF / MW (2,45 GHz)
Ohne Materialeinfluss	1 m	1 m – 1,5 m ^{*1}	5 m	5 m (US) 1 m (EU)
Kunststoff	1 m	1 m – 1,5 m ^{*1}	5 m ^{*2}	5 m (US) ^{*2} 1 m (EU) ^{*2}
Untergrund Wasser (z.B. PET- Flasche)	1 m	1 m	3 m ^{*3}	3 m (US) ^{*3} 1 m (EU) ^{*3}
Transponder im Wasser	1 m	0,5 m	keine Lesung möglich	keine Lesung möglich
Untergrund Metall	bis 0,1 m	bis 0,1 m	4 m ^{*3}	4 m (US) ^{*3} 1 m (EU) ^{*3}
In metallischer Folie (z.B. Alu- Folie)	bis 0,2 m	keine Lesung möglich	keine Lesung möglich	keine Lesung möglich

*1: Bei Verwendung von Gate- Antennen (Doppelantenne in Helmholtz- Anordnung)

*2: Spezielle Abstimmung erforderlich

*3: Spezielle Antennen- Bauformen erforderlich

Leider lassen sich nicht alle Anforderungen mit einem System erfüllen, da die Anforderungen und Eigenschaften fallweise nicht in Deckung zu bringen sind. Beispiele hierfür sind:

- Bei einem stationären Lesegerät für die Durchfahrt muss die Lesereichweite mind. 4 Meter betragen → UHF ist hier die einzige Möglichkeit,
- Die Lesung aus Flüssigkeiten heraus muss möglich sein, wie das Auslesen von RFID- Transpondern aus nassen Fassadenbauteilen oder noch flüssigem Beton → LF ist hier die einzige Möglichkeit,
- Bei der Bauabnahme müssen die einzelnen RFID- Transponder örtlich unterscheidbar sein → LF oder HF ist hier am besten geeignet.

Daher kann leider keine Grundsatzentscheidung für eine Frequenz getroffen werden. In vielen logistischen Anwendungen wird derzeit bevorzugt die UHF- Technik eingesetzt. Auch im Projekt „InWeMo“ der BU Wuppertal wurde zunächst für innovative logistische Prozesse die UHF-Technik untersucht. Die nach gelagerten Prozessen in den Bereichen Bausystemerstellung, Wartung, Reparatur, Objektmanagement setzen dagegen bislang die LF- Technologie ein.

3.4 Ergebnisse der Erprobung

Als Aufgabenstellung steht der Test der Einsatzfähigkeit von RFID Transpondern und Lesegeräten zur Identifikation von Bauprodukten im Fokus. Ausgewählt wurden Beispiele, die aus Sicht der Kenndaten-Erfassung, -Handhabung und Bauphysik von besonderem Interesse sind:

- RFID an Metallbauteilen (z.B. bei Rohbauerstellung an Rahmenschalung): solche Bauprodukte sollen unter rauen Baustellenbedingungen eine Kennzahlen-Erfassung (auch später mit Sensor-Transpondern) ermöglichen. Weitergehende Untersuchungen an Rohbauwänden mit Metallschalung führen unter anderen Aspekten die ARGE-Partner der TU Dresden im Projekt „IntelliBau“ und an Baustellen-Containern der BU Wuppertal im Projekt "In-WeMo" durch, siehe unter <http://www.RFIDimBau.de>.
- RFID an Kleb- und Dämmstoffen: diese Materialien haben am Bau eine wichtige Funktion (Montagemittel, Energieeffizienz, Regen- / Schallschutz etc.) und verursachen bei nicht fachgerechtem Einbau oft Bauschäden. Somit sind neben logistischen Fragestellungen auch Einbau, Abnahme/ Soll-Ist-Vergleich und Plagiatschutz von Interesse.
- RFID an Fassadenelementen: diese Bauteile sind hochwertige und kritisch zu handhabende Objekte, die aus bauphysikalischer Sicht sehr anspruchsvoll sind, weil nur als „Funktionelle Einheit“ wirksam.

Es wird bei der Erprobung wie folgt vorgegangen:

a) Testung der Leistungsfähigkeit von verschiedenen RFID- Systemen in der HF-Kammer des Fraunhofer IMS in Duisburg (Labormessungen),

b) Aufbau einer funktionsfähigen RFID-Kenndatenerfassung mit Softwareapplikation und Datenspeicherung auf einer real betriebenen Baustelle. Hierzu dient die InHaus2- Baustelle in Duisburg, wo im Projektzeitraum ein Bürogebäude der Fraunhofer- Gesellschaft errichtet wird. Die allgemeinen Ergebnisse sind in den Abschnitten 3.4.1 bis 3.4.4 beschrieben und die konkreten Ergebnisse zu den drei Anwendungen in Abschnitt 3.4.5.

3.4.1 Labormessungen in HF- Kammer Duisburg

Wichtig für den erfolgreichen Einsatz der RFID- Technik ist auch der Anbringungsort eines Transponders oder „Smart Labels“. Während bei metallfreien Objekten (Beispiel Dämmstoffe) die Auswahl recht einfach ist, gestaltet sich diese bei vorwiegend metallischen Objekten (wie Stahlbauteile) deutlich schwieriger. Bei der Suche der optimalen Position der RFID- Transponder auf den Bauelementen ist der Einsatz der sog. „Sweep Spot“ Methode empfehlenswert. Mit der Sweep Spot- Messung werden Materialeinflüsse auf die Resonanzfrequenz und die Bandbreite von UHF – Transpondern ermittelt. Diese Materialeinflüsse sind die maßgeblichen Faktoren, welche die Funktionalität der Transponder einschränken oder verhindern. Ein worst case- Szenario gestaltet sich folgendermaßen: Durch Verschiebung der Resonanzfrequenz und Verringerung der Übertragungsbandbreite kann nicht mehr genug Energie für die Funktion des Transponders aus dem vom Reader generierten UHF- Feld gewonnen werden. Dies verursacht einen Leistungsverlust des Transponders in Form verringerter Lesereichweite und verringerter Pulklesefähigkeit. Mit diesen Messungen wird die optimale Position der Transponder auf den Stahlbauteilen in der HF-Kammer messtechnisch ermittelt. Getestet wird im Vergleich am Markt erhältliche UHF- Standardtransponder sowie die sog. „Transponder on Metal“, die speziell für einen Metalluntergrund entwickelt sind. Als Ergebnis ergeben sich Vorschläge zur möglichen Positionierung der Transponder auf Metallbauelementen.

Untersuchte Transponder:

a) Standardtransponder aus der Logistik:

Die Funktionalität eines Transponders mit Dipolantenne (Bild 18) ist bei direkter Anbringung auf einem Metalluntergrund nicht mehr gegeben. Eine alternative Lösung ist das Taggen (taggen = Anbringen eines Transponders) der Bauelemente auf benachbarten Bereichen aus Holzwerkstoff oder Kunststoff. Für diese Lösung sind die Standardtransponder oftmals jedoch zu empfindlich gegen mechanische Belastung sowie gegen Feuchte. Als Beispiel wird die Einwirkung von Metalluntergrund auf die Empfangsleistung des Transponders mit der sog. „resonanten Lambda- halbe“ Antenne von Fa. UPM Rafsec dargestellt: Bild 19 ohne Metall im Vergleich zu Bild 20 mit Metall. Die Resonanz bei 888 MHz wird durch den Metalleinfluss "zerstört" und somit auch die Lesbarkeit des Transponders.



Bild 18:
Foto des Inlays eines Transponders der Fa. UPM Rafsec. Zu erkennen ist nur die „Lambda- halbe“ Antennenstruktur.

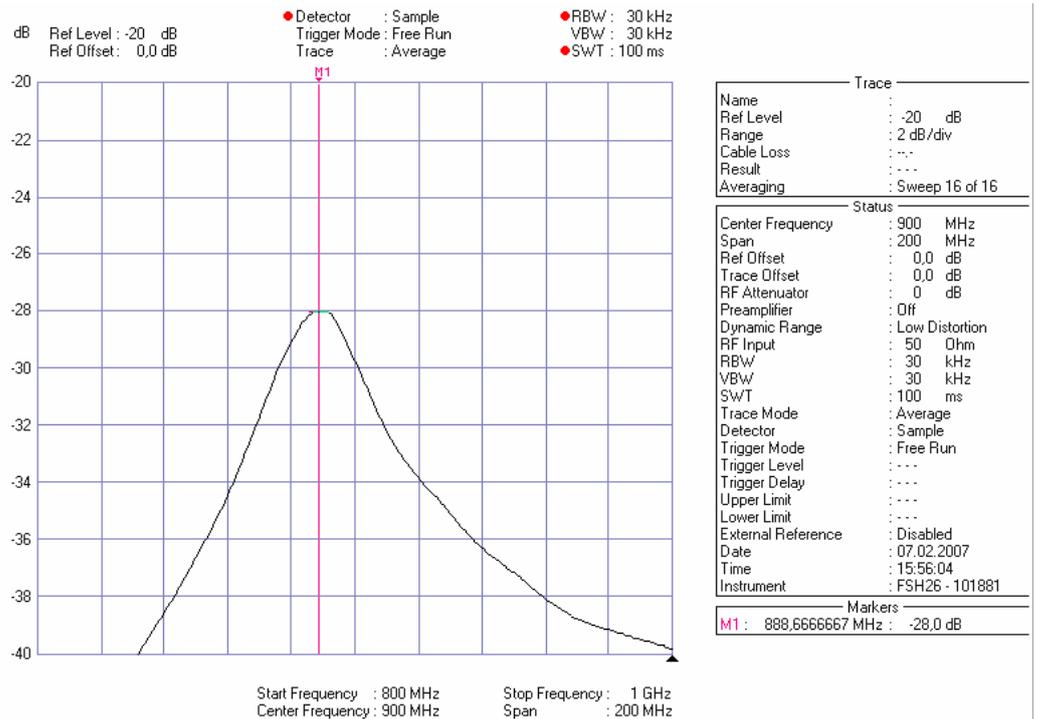


Bild 19:
Messung der Resonanzkurve an der "Lambda- halbe" - Antenne des Transponders **ohne** Metalluntergrund.

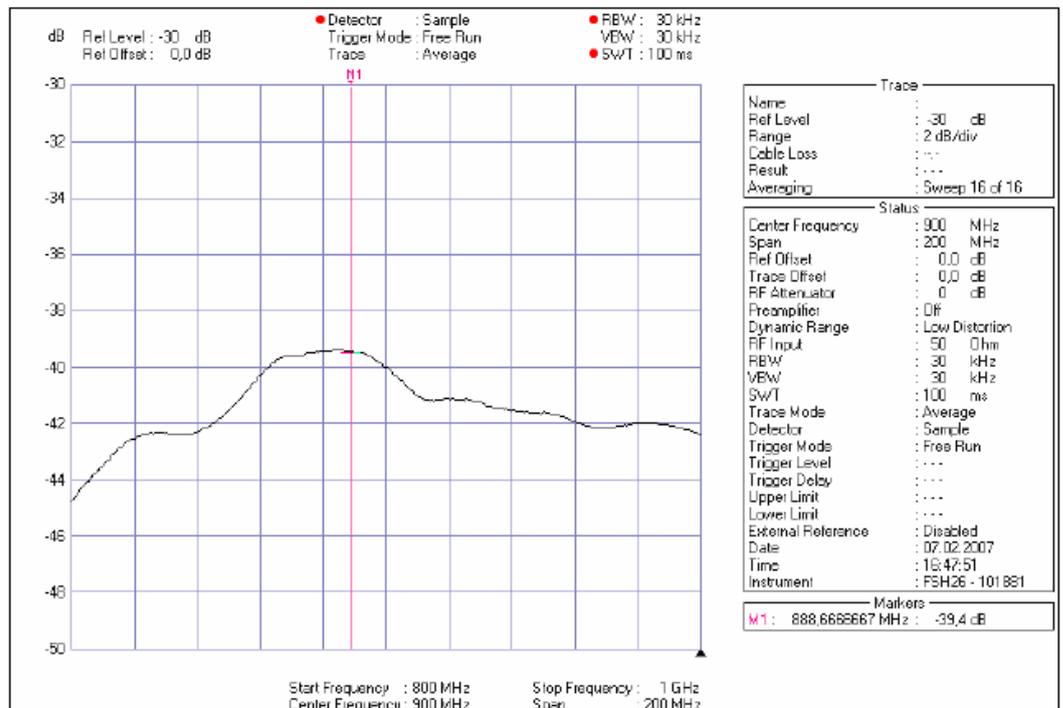


Bild 20:
Messung der Resonanzkurve an der "Lambda- halbe" - Antenne des Transponders **mit** Metalluntergrund.

b) Transponder optimiert für den Einsatz auf Metalloberflächen:

Die Messungen erfolgen an den speziellen Transpondern „Tag on metal“ der in Kap. 2.2, Seite 19 dargestellten Firmen Deister, Avery Dennison, Sokimat, Hitachi, Intermec, Smart- Tec, Wisteq und rfid- systems. Für die in Bild 21 dargestellten Transponder für Metalluntergrund der Fa. Intermec ergeben sich die Messergebnisse der Resonanzfrequenz nach Bild 22 und Bild 23. Die Frequenzbereiche zwischen den beiden roten Markierungen grenzen das europäische ISM- Band ein. Die Einflüsse des Metalls sind bei diesen speziellen Metall-Transpondern weniger ausgeprägt als bei den Dipolstrukturen in Bild 19 und Bild 20 und lassen eine Lesbarkeit zu.



Bild 21:
Intermec Metall- Transponder an Stahlbauteilen montiert.

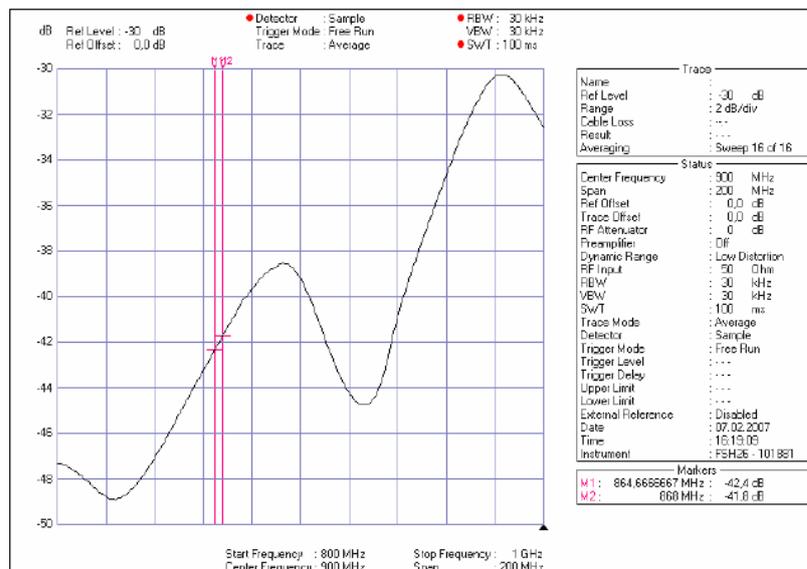


Bild 22:
Resonanzfrequenzmessung Intermec Metall- Transponder **ohne** Metall.

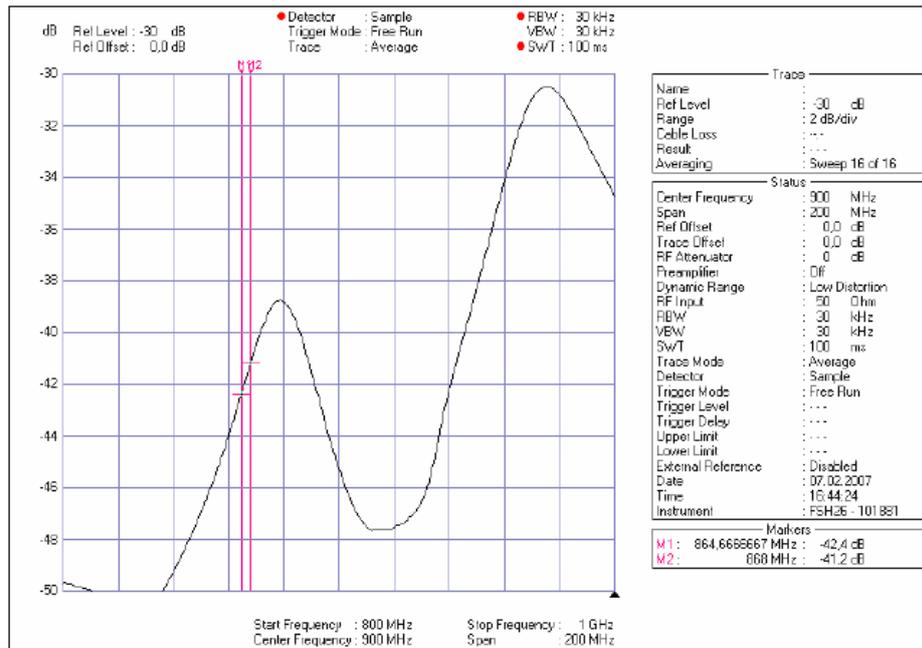


Bild 23:
Resonanzfrequenzmessung Intermec Metall- Transponder **mit** Metall.



Bild 24:
Deister Metall- Transponder an Stahlbauelement montiert.

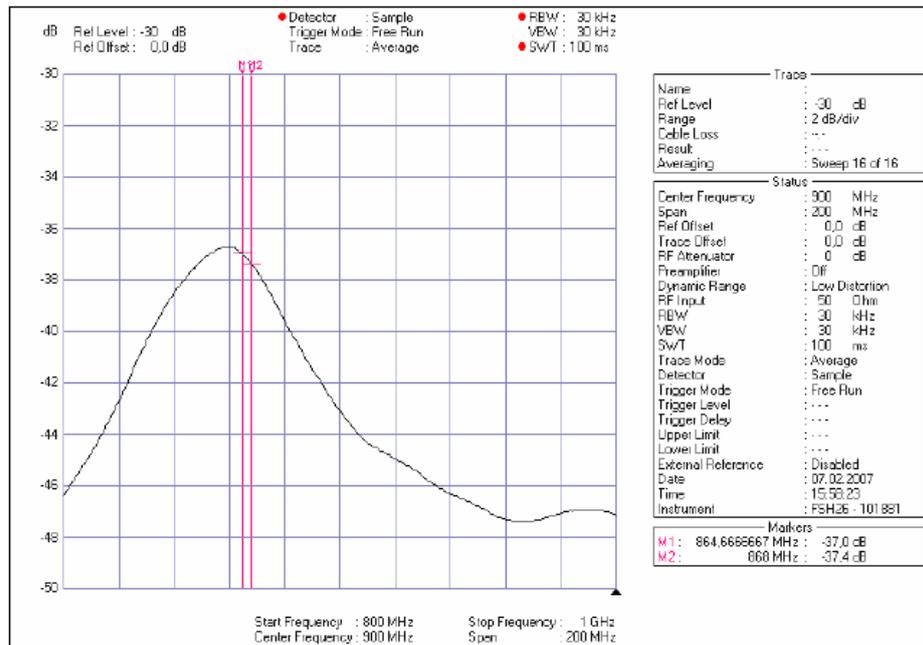


Bild 25:
Resonanzfrequenzmessung Deister Metall- Transponder **ohne** Metall.

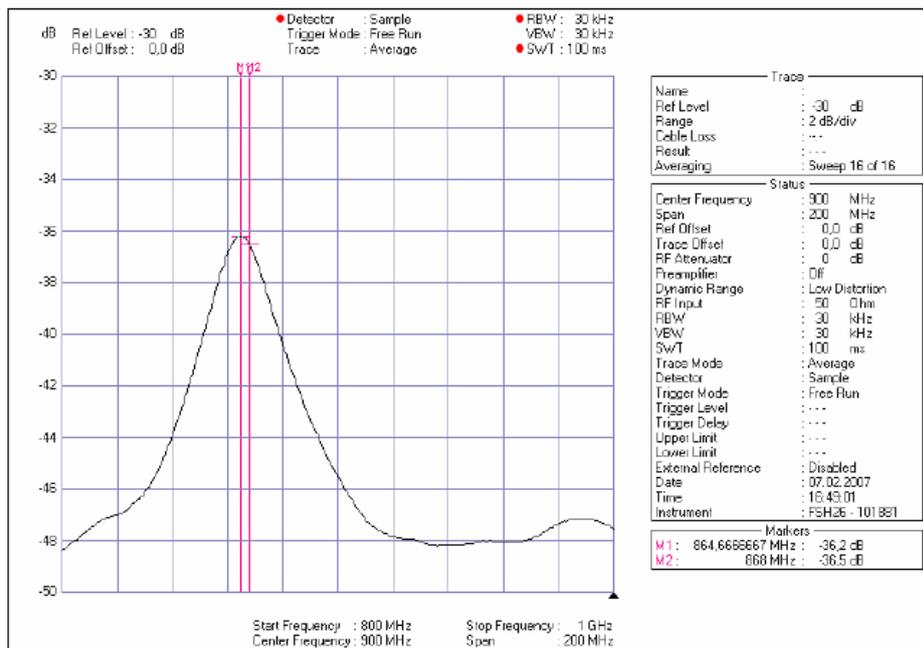


Bild 26:
Resonanzfrequenzmessung Deister Metall- Transponder **mit** Metall.

In Bild 24 sind Transponder für Metalluntergrund der Firma Deister an einem Stahlbauelement montiert dargestellt. Die Messergebnisse der Resonanzfrequenz in Bild 25 und Bild 26 zeigen im Vergleich zum rot markierten europäischen ISM- Band, dass diese Deister- Transponderantenne so gut dimensioniert ist, dass ihre Resonanz- Frequenz durch den Metalleinfluss genau auf das europäische ISM- Frequenzband passt. Vergleicht man beide Transponder, ist zu sehen, dass innerhalb des Europäischen ISM- Bandes eine mittlere Differenz von

5,55 dB in der Leistungsaufnahme besteht. Dies entspricht einem Faktor von 3,5 und macht sich somit in einer besseren Lesereichweite bemerkbar. Eine weitere Optimierung bei RFID- Transpondern an Stahlbauelementen kann durch Hilfsmittel wie Montagewinkel erfolgen, siehe Bild 27.



Bild 27:
Transponder in optimierter Ausrichtung im Metallbauelement.

Die derzeitigen Preise von solchen „Metall- Transpondern“ liegen, abhängig vom Transponderhersteller oder Distributor, zwischen 5 € und 15 € bei einer Abnahmemenge kleiner 100 Stück.

3.4.2 Evaluierung Handlesegeräte

Zur Evaluierung der RFID-Technik und der Demonstrator- Planung sind ebenfalls mobile Lesegeräte zu untersuchen. In dieser Projektphase ist die Verfügbarkeit mobiler Leser jedoch sehr eingeschränkt: Zum einen durch die geringe Anzahl der Anbieter wegen der Neuheit der UHF- Technologie, zum anderen absorbierten viele Pilotversuche im Einzelhandel die am Markt verfügbaren Geräte. Es konnten jedoch Geräte von vier Herstellern leihweise beschafft werden. Die nachfolgenden Tabellen fassen einige Eigenschaften der Geräte zusammen.

Tabelle 5:
Rechen- und Speicherleistung der getesteten mobilen Lesegeräte.

Hersteller	Gerätebezeichnung	Prozessor	Betriebssystem	Speicher	Speichererweiterung
Nordic ID	PL 3000	Sharp ARM Prozessor 200 MHz	Windows CE .NET 4.2 Windows Embedded CE 6.0	128 MB SDRAM (96 MB User Zugriff) 32 MB FLASH (6 MB zur freien Verfügung)	SD/MMC Karten Slot
Höft & Wessel	Skeye Integral UHF	Intel PXA 270 624 MHz	Windows CE 5.0	128 MB RAM 128 MB Flash	Interner SD- Card Slot
Intermec	IP 4	Intel Xscale 400 MHz	Microsoft® Windows® for Pocket PC Windows Mobile® 2003 Windows Mobile® 5.0 (741B & 751B models only)	64 MB SDRAM (128 MB optional) 64 MB Flash ROM	
Psion Teklogix	RD 7950	Xscale PXA 255 400 MHz	Windows CE 4.x	64 MB SDRAM (128 MB optional) 32 MB Flash ROM	

Tabelle 6:
Userinterface der getesteten mobilen Lesegeräte.

Hersteller	Gerätebezeichnung	Display	Karten Slot	Tastatur	Akku / Standzeit laut Datenblatt
Nordic ID	PL 3000	3,5 in. 1/4 VGA color transflective TFT Display Touch Panel	Interner PCMCIA II Karten Slot	29 Tasten backlight with brightness control and individual key light activation	2200 mAh @ 7,4 V / 4 - 14 h kontinuierlich bis zu 28 h mit Griff-Batterie
Höft & Wessel	Skeye Integral UHF	3,5 in. 1/4 VGA Farb- TFT mit Touch- Screen	Frei zugänglicher CF- Card Slot,	Verschiedene Tastaturvarianten (15, 19 und 34 Tasten)	1700 mAh (3400 mAh optional) / k.A.
Intermec	IP 4	3.8 in. (97 mm) diagonal 1/4 VGA Transflective, 240x320 pixels			2200 mAh @ 7,2V / 9- 12 Stunden
Psion Teklogix	RD 7950	3,5 in. 1/4 VGA TFT	Frei zugänglicher CF- Card Slot,	36 Grosstasten/ 58 Alphatasten	1800mAh/ k.A.

Tabelle 7:
Gerätedaten und mechanische Eigenschaften der getesteten mobilen
Lesegeräte.

Hersteller	Geräte- bezeichnung	Abmessungen (mm)	Gewicht (g)	IP Schutz- klasse	Fallhöhe (m)	Betriebs- temperatur (°C)	Lager- Temperatur (°C)
Nordic ID	PL 3000	L: 250 H: 45 W: 90	550 (inkl. Akku und WLAN)	IP 54	1,5	- 10 bis + 50	- 20 bis + 60
Höft & Wessel	Skeye Integral UHF	L: 245 H: 46 W: 85	1200 (inkl. Dopp akku, UHF- Modul, Griff, Antenne)	IP 54	1,8		
Intermec	IP 4	L: 191 (7.53 in.), H: 50 (1.97 in.), W: 90 (3.5 in.).	1000 inkl. allem	IP54	1,2	- 20 bis + 55	- 40 bis + 70
Psion Teklogix	RD 7950	L: 244 H: 62,5 W: 102	650 + RFID- Mo 125 Pistolengriff	IP64	1,2	- 10 bis + 50	- 20 bis + 60

Tabelle 8:
RFID- Charakteristika der getesteten mobilen Lesegeräte.

Hersteller	Geräte- bezeichnung	Barcode Scanner	RFID Klassifizierung	Lesedistanz (cm): Date blatt / getestet	UHF Antenne (linear / zirkular)
Nordic ID	PL 3000	Laser	ISO 18000- 6B EPC class 1 Gen 2	bis zu 100 / bis zu 80	linear
Höft & Wessel	Skeye Integral UHF	Laser	Atmel Tagidu EPC class 1 Gen 2 ISO 18000- 6A , ISO 18000- 6B, EM4022, EPC1,	bis zu 300 / bis zu 220	zirkular
Intermec	IP 4		ISO 18000- 6b, EPC UHF Generation 2 (Gen 2), ISO 18000- 6c	bis zu 50 / bis zu 50	zirkular/ linear optional
Psion Teklogix	RD 7950	Laser	ISO 18000- 6B EPC class 0 ,0+ , 1 Gen 2	bis zu 50 / bis zu 65	linear/ zirkular optional

Tabelle 9:
Netzwerk- Schnittstellen der getesteten mobilen Lesegeräte.

Hersteller	Geräte- bezeichnung	Kommunikations- protokolle	Weitere I/O	Applikations - Entwicklungsumgebung
Nordic ID	PL 3000	WLAN 802.11 b/g GPRS, EDGE, 3G (optional) Bluetooth	Lautsprecher, Bewegungssensor, Kopfhörer- Anschluss	Software Dev Kit (SDK) Embedded Visual C++ 4.0 .NET Compact Framework 1.2 .NET Compact Framework 2.0 auf Anforderung
Höft & Wessel	Skeye Integral UHF	WLAN 802.11 b/g GPRS (Triband Class10) Bluetooth	USB, RS232	SDK für C++ unter EVC 4 entwickelt
Intermec	IP 4	WLAN 802.11 b/g GPRS teilweise Bluetooth	USB, RS232, IRDA, Eth net	
Pision Teklogix	RD 7950	WLAN 802.11 b/g GPRS (Triband Class10) Bluetooth	USB, RS232	WinCE. net

Fazit „Handheld“- Lesegeräte

Die Geräte basieren allesamt auf einem Rechenkern mit MS- Windows Betriebssystem für PDAs mit vergleichbarer Rechenleistung, so dass sich eigene Anwendungen leicht integrieren lassen. Alle Geräte vermitteln mit der jeweils installierten Testsoftware einen brauchbaren Eindruck, jedoch ist offensichtlich, dass es sich um Erstserien handelt, die noch nicht lange am Markt sind. Das Gerät von Höft & Wessel fällt durch seine Bauweise besonders auf. Die schildmäßig integrierte Leseantenne erlaubt zwar eine hohe Lesereichweite, macht das Gerät jedoch schwer und unhandlich. In den meisten Fällen kommt es bei den Handlesegeräten nicht auf sehr hohe Lesereichweiten an, sondern durch die Anwendung bedingt auf Robustheit; deshalb machten die Geräte von PSION-Teklogix und Intermec den besten Eindruck.

3.4.3 Evaluierung Antennen und stationäre Lesegeräte

Weitere Messungen in der HF- Kammer des Fraunhofer IMS dienen der qualifizierten Bewertung der Antennen sowie der beigegebenen Reader (Feig, Siemens) und der Reader- Bedienssoftware. Hierbei wird ein einzelner Transponder ins Lesefeld gehalten und dann die minimale Reichweite, maximale Reichweite und Auswirkungen der Antennenpolarisation auf die Leistung gemessen.

Anschließend folgen Pulklesungen und Feldstärkemessungen mit gestapelten Metallbauteilen. Aus den Messergebnissen ergeben sich Rückschlüsse auf die Beeinflussung der Leseigenschaften durch die metallischen Bauteile mit den unterschiedlich montierten RFID- Tags. Das Bild 28 zeigt den Messaufbau für die Reichweitenmessung.



Bild 28:
Messaufbau für die Reichweitenmessung in der HF-Kammer.

Feig Reader UHF 1000:

Der Feig Reader UHF 1000 ist vor kurzem durch die Fa. Feig Electronics vom Markt genommen und durch das neue Modell UHF 2000 ersetzt worden. Während der Messkampagne war kein neues Readermodell vorhanden. Messungen mit dem neuen Reader folgen zu einem späteren Zeitpunkt (siehe Abschnitt reale Testszenarien). Mit dem Feig Reader werden maximale Lesedistanzen zwischen 2,20 m und 2,80 m sowie bis 3,00 m mit dem Deister UHF- Transponder erzielt. Die Reichweiten mit anderen Transpondern waren zwischen 35 bis 70 cm schlechter. Im Folgenden wurde ausschließlich der gleiche Deister Transponder, zur Vergleichbarkeit der Messergebnisse, für die Messungen benutzt.

Der Reader ist in einem spritzwassergeschützten Plastikgehäuse untergebracht. Beim Baustelleneinsatz ist die Unterbringung im Innen- Container zu empfehlen. Als Schnittstellen sind Ethernet und RS232 vorhanden; aufgrund des weniger robusten Gehäuses kann im Reader direkt WLAN nachgerüstet werden. Die Software „Obid ID“, die von Feig beigelegt wird, ist komfortabel in der Handhabung, Bedienbarkeit und in den Einstellmöglichkeiten.

Siemens Reader:

Der maximal mögliche Messabstand mit dem Siemens Reader beträgt 4 m. Auf die Lesereichweite hat die Ausrichtung des Transponders deutlichen Einfluss. Der Reader ist sehr robust gebaut und für den Baustelleneinsatz geeignet. Als Schnittstellen sind Ethernet und RS232 vorhanden. Siemens liefert eine Software zum Konfigurieren des Readers mit. In dem Konfigurator ist eine Monitorfunktion integriert, die die Transponder ID und die Anzahl der Lesungen anzeigt. Die Möglichkeit Transponder (EPC / Speicher) selber zu beschreiben fehlt.

3.4.4 RFID- Gate für Fassadenelemente

Zur Nutzung von stationären Lesegeräten für großformatige Fassadenelemente an einem „RFID- Gate“ sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Fassadenelemente sind i.a. auf speziellen Transportgestellen für LKW montiert. Diese LKW- Größen müssen ohne Einschränkungen das Gate passieren können. Daraus ergeben sich Durchfahrmaße von etwa 5 m Höhe und 8 m Breite. Als Träger der Leseantennen bieten sich Kabelbrücken an, deren Traversen absenkbar sind (Anbieter z.B. Fa. Müba).
- Als RFID- Betriebsfrequenz ist nur UHF nutzbar, da nur hierbei Leseabstände von bis zu 4 m erreichbar sind.
- Eine Stromversorgung (230 V) ist zwingend erforderlich, die Datenanbindung kann zweckmäßiger Weise besser mittels einer drahtlosen WLAN-Verbindung zum Baucontainer realisiert werden, da Netzwerk- Erdkabel oder Freileitung eher unüblich sind und höhere Schutzanforderungen besitzen. Ebenfalls ist ein Blitzschutz für die Stromversorgung notwendig.
- Lesegerät und WLAN- Access- Points werden vorzugsweise in einen Schaltschrank am Mast eingebaut.
- Die Leseantennen sollten an den seitlichen Masten sowie an der Traverse angebracht werden. Zur Abdeckung des Durchfahrbereichs sollten mindestens vier Antennen angebracht werden.
- Optional ist zur Foto- Dokumentation eine vom Lesegerät getriggerte Kamera geeignet, die die Ladung des LKW von oben oder der Seite aufnimmt.

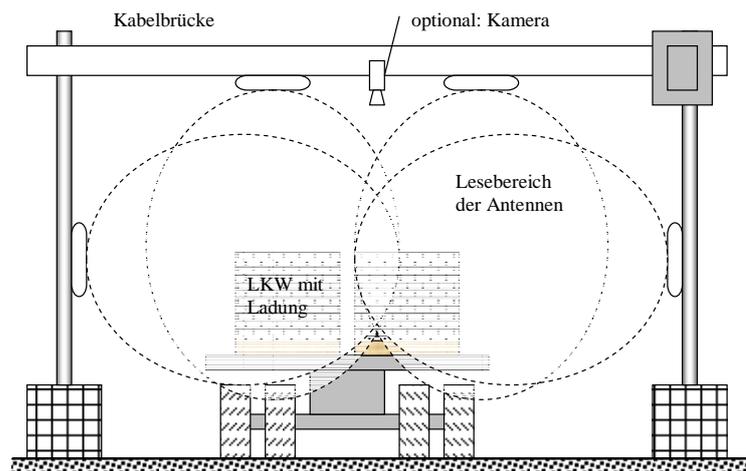


Bild 29:
Empfohlener Aufbau eines RFID- Gates.

Bild 29 zeigt den schematischen Aufbau eines RFID- Gates im Querschnitt und in Fahrtrichtung eines LKWs. Ein solcher Aufbau wurde am Fraunhofer IMS in Duisburg realisiert und getestet.

3.4.5 Test realer Szenarien mit UHF - Transpondern und stationären Lesegeräten

Beispiel 1: Metallbauteile mit speziellen RFID-Transpondern

Bei der Anwendung von RFID zur Identifikation von metallischen Produkten wie Fassadenbauteilen, Schalungen u.a. bestehen technische und organisatorische Risiken, die einen reibungslosen Einsatz der Technik in der Praxis behindern können. Diese Risiken ergeben sich u.a. aus den Einsatzbedingungen: Metallische Umgebung, Verschmutzung, mechanische Beschädigung, Wasser, Eis

und Schnee, Hitze, unsachgemäße Handhabung, Störfrequenzen durch WLAN-Systeme, Mobilfunkbetrieb, weitere LKW- Ladung, Manipulation.

Das Fraunhofer IMS hält mit seinen Laboren und dem InHaus-Innovationszentrum eine Prüfumgebung vor, wo derartige Einflüsse im Labor- und Praxisbetrieb getestet werden können [33]. Dies dient dazu, eine Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit der RFID-Technik unter praxisnahen Bedingungen, vor allem bei metallischen Bauteilen wie die Fassadenelemente, zu erproben. Es wird hierzu ein Gate im Freigelände des IMS mit Technik von Feig, Deister und Siemens errichtet (Bild 29) und auf die Einsatzfähigkeit bei natürlicher Bewitterung getestet. Für die Testung des Gesamtsystems wird die Einrichtungen teilweise angepasst. Dies betrifft insbesondere die Auswertungssoftware sowie Messeinrichtungen am Versuchsstand zur definierten und reproduzierbaren Einstellung der RFID-Systemkomponenten. Untersucht wird der Einfluss auf die Lesbarkeit von Identnummern durch unterschiedliche Entfernungen und Winkeleinstellungen, sowie bei variabler Fahrgeschwindigkeit der getaggten Ladung. Die Tests sollen geräte- und sensortechnische Aussagen liefern zu

- optimaler Antennenposition,
- optimalen Antennentypen,
- optimalen Readertypen,
- vom Reader abgestrahlten Leistung in Abhängigkeit der Readerantennen,
- abschließende Bewertung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems.

Somit ergeben sich die folgenden Arbeitsschritte:

- Entwicklung eines Versuchsplans,
- Anpassung der Auswertungssoftware und Messeinrichtungen,
- Messungen über die Zuverlässigkeit von Leseprozessen am Gate,
- Zeitgleiches Lesen von mehreren Produkten mit einem Reader,
- Zuverlässigkeitsprüfung im Freien und auf einem Trailer,
- Feldstärkemessung an gestapelten Metallbauteilen.

Neben der reinen Funktionsfähigkeit wird durch Feldstärkemessungen überprüft, ob das Lesegerät die in Deutschland zulässigen Feldstärkelimits einhält. Die Messung erfolgt mittels Spektrumsanalysator und kalibrierter Feldsonde in definiertem Abstand. Wahlweise lässt sich die Leistung direkt an den Antennen messen und mit dem Antennengewinn verrechnen. Das RFID-Gate war für diese Geräte-Tests mit 2 Siemens Antennen und dem zugehörigen Readersystem ausgestattet. Mit einem eigens entwickelten Programm (Middleware) erfolgt die spezifische Auswertung der Tests (Bild 30).

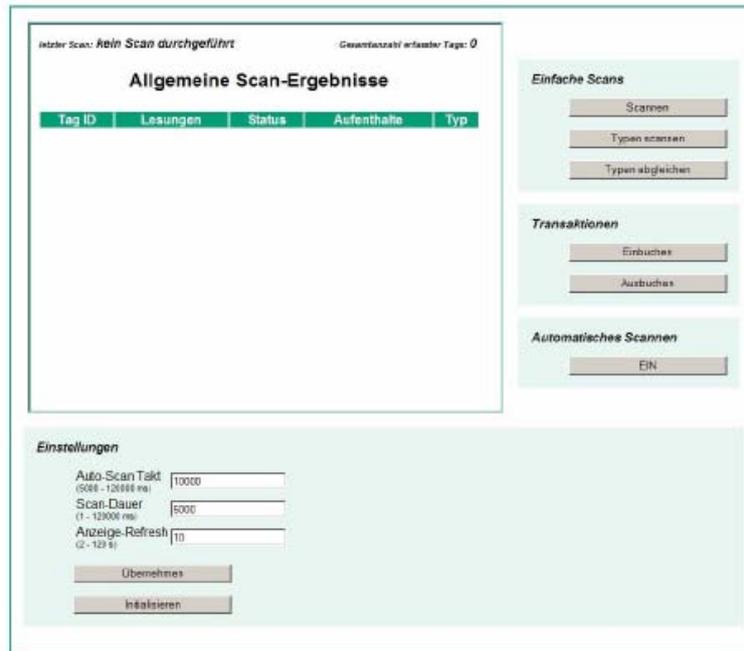


Bild 30:
Maske der Erfassungssoftware für die Antennen-Praxistests.



Bild 31:
Test der Kenndaten-Erfassungsqualität bei Metallbauteilen mit RFID-Gate.

Bezüglich der Erfassungsqualität lässt sich der positive Effekt feststellen, dass durch die ständige Positionsänderung der Transponder beim Fahren in Schrittgeschwindigkeit durch das Tor eine Erfassung begünstigt wird. Durch die Praxistests kann die Kenndatenerfassung mit unterschiedlichen Transpondern und Antennen aus den Laborversuchen mit einer sehr guten Leserate validiert werden. Allerdings erfolgt die Auslieferung von Metall- oder Fassadenbauteilen häufig in Stapeln von mehreren Elementen neben- oder übereinander. Solche

Anordnungen werden simuliert und festgestellt, dass eine Erfassung der unteren Teile nicht möglich ist. Selbst bei Verringerung des Abstandes der Antenne unter die vorgeschriebene Höhe lassen sich die Transponder im unteren Bereich der Stapel nicht lesen. Um den Einfluss der Metallrahmen auf die Sendeleistung zu verringern, werden die Transponder versuchsweise direkt auf dazwischen liegenden Holzbauteilen aufgebracht. Dort sind sie im Gebrauchsfall zwar einer höheren Beanspruchung ausgesetzt und ein Ersatz ist nach jedem Einsatz wahrscheinlich. Aber auch bei diesem veränderten Versuchsaufbau war eine Erfassung der Transponder im unteren Stapelbereich nicht möglich. Eine Durchdringung des Lesefeldes war nur bis zum 3. Metallbauelement möglich. Eine Erfassung auf Produktebene ist somit derzeit mit der gewählten Technik unter den beschriebenen Prozessbedingungen nicht möglich.

Beispiel 2: Dämmstoffe

Die Validierung der Datenerfassung bei Dämmstoffen für den Fassadenbau erfolgt nach positiven Laborversuchen an einer Gate- Pilotanlage mit justierbaren Antennen auf der InHaus2- Baustelle 2007/2008 in der Nähe des Fraunhofer-Instituts IMS, Duisburg. Dazu werden Antennen und Reader am Gate befestigt, ein Rechner mit Middle- und Software installiert, konfiguriert und das RFID-System komplett einsatzbereit gemacht. Die Leseversuche erfolgen an Dämmstoffen mit Transpondern auf einem Klein-LKW mit Pritsche (Bild 32).



Bild 32:
Praxistests zur Validierung der Antennen, Reader und Datenerfassung.

Damit können die Identnummern in einer Kenndatenbank mit Klartextbezeichnung und Foto problemlos aufgenommen werden. Bei der Durchfahrt des Transporters durch das Gate werden diese Informationen in Echtzeit auf dem Bildschirm angezeigt und die RFID-Daten mit weiteren Kennzahlen in einer Datenbank verknüpft und verwaltet.

Erläuterung der technischen Gründe für die begrenzte Einsatzfähigkeit

Aus der Untersuchung zur Erfassung der RFID- Tags an Metall-Bauteilen und Dämmstoffen hat sich gezeigt, dass die Lesbarkeit bei abschirmenden Materia-

lien nur bis zu einer gewissen Stapelhöhe möglich ist. Hieraus sind die folgenden Schlüsse zu ziehen: Die Erfassung von Bauprodukten ist derzeit grundsätzlich durch die eingesetzte RFID-Technik möglich, der Gate-Demonstrator ist einsatzbereit und kann die Arbeitsweise der RFID- Technik auf Baustellen veranschaulichen. Allerdings sind noch nicht alle Anforderungen bezüglich der Einzelerfassung von Bauteilen mit metallischen Umrandungen erfüllt, so dass weitere Untersuchungen im Einzelfall erfolgen müssen, um einen flächendeckenden Einsatz bei der Identifikation von Bauprodukten auf LKW zu ermöglichen. Weitere Untersuchungen mit den Schwerpunkten „Gebäude-Tragwerk“ z.B. aus Stahlbeton werden im Projekt „IntelliBau“ der TU Dresden und zur Personal- und Materiallogistik im Projekt „InWeMo“ der BU Wuppertal durchgeführt, siehe Internet unter www.RFIDimBau.de.

Beispiel 3: Tagging von Fassadenelementen

Da im Projekt RFID- Kennzahlen der Fokus auf die Anwendbarkeit der RFID-Transponder bei der Gebäudehülle als sog. Funktionelle Einheit (FE) d.h. der eingebauten Fassadenelemente liegt, werden auch solche Bauelemente an der InHaus2- Baustelle getestet. Der Schwerpunkt liegt auf der technischen Machbarkeit d.h. der Leistungsfähigkeit zur Erfassung der Transponderdaten in verschiedenen Situationen, im Vergleich zu den bekannten Klarschriftetiketten oder Barcode- Labels. Die Herausforderung ist vor allem in der Erfassung der großformatigen Bauelemente mit viel Metall einzeln und im Stapel bei der Anlieferung d.h. der Durchfahrt durch das Reader- Gate und der Datenübermittlung zu sehen. Als vorteilhaft zeigt sich die Beladung der LKW in der Weise, dass keine Fassadenelemente nebeneinander, sondern nur hintereinander und mit Abstand übereinander geladen werden. Dadurch lassen sich Funkabschattungen weitgehend vermeiden. Die RFID- Tags werden an der Außenseite der Rahmen angebracht sowie an den Transportgestellen (Bild 33).



Bild 33:
Testanbringung und Lesung von RFID - Tags an LKW mit Fassadenelementen.

Untersuchungen am RFID- Gate in der ersten Messserie zeigen eine reduzierte Leserate, die bei ca. 80 % liegt, aufgrund der Anbringung der Leseantennen nur oben am Gate. Eine wesentliche Verbesserung ergibt sich nach der Anbringung der Leseantennen an den Masten des RFID- Gates, also seitlich zur Ladung wie in Kap. 3.4.4 beschrieben. Hier liegt die Leserate für die Fassadenelemente selbst bei über 98 % und für die Transportgestelle bei 100 %. Aus Anwendersicht (Fassadenbauer) wird die Erfassung der Transportgestelle bei der Durchfahrt durch ein RFID-Gate als ausreichend angesehen. Einerseits ergibt sich aus der Planung für die Beladung eine funktionelle Zuordnung von

Fassadenelementen zu den Transportgestellen d.h. es lassen sich die Daten und Kennzahlen für die spätere Montage jedem Element zuordnen. Zum anderen ist die Anbringung der RFID-Tags an der Außenseite der Fassadenelemente (Rahmen) für die Gate-Erfassung die günstigste Stelle, jedoch ist diese für die spätere Nutzung der RFID-Tag je Element ungünstig, da nach dem Einbau in die Fassade der RFID-Tag mit heutiger RFID-Technik aufgrund der angrenzenden Bauteile nicht mehr lesbar ist. Dies würde eine weitere Verwendung in der Funktionellen Einheit (FE) „gebrauchsfertige Fassade“ einschränken. Somit werden im Langzeittest mit dem RFID-Gate nur die RFID-Tags an den Transportgestellen berücksichtigt. Die folgende Tabelle 10 zeigt die automatisiert aufgezeichnete Erfassung von Anlieferungen an der Baustelle mit dem RFID-Gate, womit sich die Einbauanleitung etc. verknüpfen lässt.

Tabelle 10:
Beispieldaten vom Gate-Reader-Langzeittest im realen Lieferverkehr, mit Verwendung von „www.wetterklima.de/archiv/rueckblickarchiv.htm“

Lieferung Nr.	Liefertermin	Ankunfts-Zeit / Soll	Ankunfts-Zeit / Ist	LKW- Nr.. (GPS- Box)	Fassaden-Element Typ	Wetter: Temperatur, Niederschlag	Anzahl Crates	Leserate (%)
1	18.10.07	-	11:00	-	SG	11,3 °C, 1 mm/h	6	100
2	25.10.07	10:00	8:34	-	IF	8,9 °C, 0 mm/h	2	100
3	25.10.07	14:00	13:20	-	IF	10,0 °C, 0 mm/h	3	100
4	30.10.07	10:00	6:45	-	IF	7,0 °C, 0 mm/h	1	100
5	31.10.07	10:00	6:42	-	IF	2,5 °C, 0 mm/h	1	100
6	06.11.07	10:00	7:10	-	IF	7,1 °C, 0 mm/h	1	100
7	06.11.07	14:00	12:15	-	IF	8,8 °C, 2 mm/h	1	100
8	09.11.07	10:00	7:20	-	CCF	3,5 °C, 0 mm/h	3	100
9	13.11.07	10:00	8:08	-	CCF	5,0 °C, 0 mm/h	2	100
10	16.11.07	10:00	8:56	302120023 9700009	CCF	1,2 °C, 0 mm/h	10	100
11	23.11.07	7:30	7:16	302120023 9700007	CLIFI	5,9 °C, 0 mm/h	3	100
12	28.11.07	7:00	7:00	302120023 9700005	CLIFI	3,4 °C, 0 mm/h	6	100

Weiterhin werden Beladungen untersucht, die nicht die üblichen Transportgestelle verwenden, sondern die sog. A- Böcke für Fassadenelemente oder die wegen Übergrößen auf Spezialtransportern geliefert werden. Beide Fälle ergaben in Einzelmessungen gute Ergebnisse. Bei den A- Böcken ist in jedem Einzelfall die Anbringung d.h. Montageart und Ort der RFID-Tags abzustimmen mit der Geometrie des Fassadenelementes, da überstehende Teile des Elementes eine Funkabschattung und somit Fehlesungen bewirken können. Weitergehende Aussagen zum Anbringort der Tags und der Verknüpfung mit den Daten zur FE werden in Kap. 9 gemacht.

4 Bauphysik- Kenndaten in Bauprozessen

Im Unterschied zu den Kenndaten für kurzlebige Güter aus Haushalt oder Gewerbe ergeben sich bei der Charakterisierung von Bauprodukten in Gebäuden und des Bauwerkes selbst prinzipielle und methodische Unterschiede, z.B. bei der Energie- und Ökobilanzierung. Vor allem die lange Lebensdauer - oftmals mehr als 80 Jahre - verlangt bei Baumaterialien und Baukonstruktionen, die altern und somit ihre Kenndaten zeitlich verändern, ein angepasstes Datenmanagement. Beispiel: der derzeitige Gebäudebestand verursacht mit seinem Energieverbrauch während des Gebäudebetriebs und den daraus entstehenden Emissionen einen größeren Beitrag als zur Herstellung der Bauwerke [34]. So benötigt man z. B. zum Beheizen eines Einfamilienhauses in 80 Jahren bis zu 600 000 Liter Öl, also monetär betrachtet soviel wie die Erstellung des Hauses kostet. Auch der Gebäudeunterhalt (Wartung, Reinigung) und die Sanierung (Instandsetzung, Erneuerung sowie Modernisierung) erfordern spezielle, zeitvariable Kenndaten und verursachen Stoffströme, deren Größenordnung die der Herstellung nahe kommen oder diese sogar überschreiten. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn Bauprodukte oder Teile davon mehrmals innerhalb der Standzeit eines Gebäudes erneuert werden, oftmals nicht allein aus technischer Notwendigkeit, sondern auch aus ästhetischen oder wirtschaftlichen Gründen. Bei vielen Bauprodukten ändern sich mit dem Lebensalter die Produkteigenschaften z.B. durch Feuchteakkumulation in Dämmstoffen, Setzverhalten bei Schüttdämmstoffen oder unkontrolliert erhöhte Lüftungswärmeverluste durch alternde Dichtungen in Fenstern oder fehlende Luftsperrung in Dachdämmung. Somit avanciert die Nutzungsphase innerhalb einer Ökobilanz von Bauprodukten zum dominierenden Lebenswegabschnitt [35].

Dies ist in Fachkreisen unterschiedlich bekannt, wird aber seit Jahren auch vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung BBR für das Bundesbauministerium (BMVBS) in der Aktion „Runder Tisch Nachhaltiges Bauen des Bundes“ publiziert („Leitfaden Nachhaltiges Bauen“) [36]. Im Rahmen der derzeitigen Ressortforschung sollen im Themenschwerpunkt „Bauqualität und Nachhaltigkeit“ praxisingerechtere Bewertungsmethoden für die Beurteilung von Dauerhaftigkeit und Rückbau von Baukonstruktionen untersucht werden. Weitere Themen sind die Lebens- und Nutzungsdauern von Bauteilen, um besser die Gebrauchstauglichkeit von Bauprodukten vorherzusagen [37]. Beim Tag der Deutschen Bauindustrie hat Minister Tiefensee, BMVBS erst vor kurzem das erste Gütesiegel für nachhaltiges Bauen vorgestellt [38]: dieses umfassende Bewertungssystem stellt erstmals in Deutschland einen belastbaren Maßstab für die wirtschaftliche, ökologische und städtebauliche Qualität von öffentlichen und privaten Gebäuden dar. Es wurde zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) entwickelt und basiert auf über 60 Kriterien in 6 Themenfeldern (Ökologie, Ökonomie, Soziokulturelle und funktionale Aspekte, Technik, Prozesse und Standort). Weitergehende Erläuterungen und die Unterschiede zu anderen internationalen Bewertungsschemata wie LEED (USA) oder BREEAM (UK) sowie zur Vorgehensweise für die Vergabe des Gütesiegels waren Themen beim Fachkongress Consense im Juni 2008 [39].

Wie hängen diese Aktivitäten zur Beschreibung der Nachhaltigkeit von Gebäuden mit unserem Projekt „Kennzahlen und Bauqualität“ d.h. der Anwendung von RFID- Technik in der Bauphysik zusammen?

In den 13 Kriteriengruppen zu den Themenfeldern wie „Ökologie“, „funktionale Aspekte“ oder „Technik“ sind Kriterien wichtig wie „Nutzungsbezogener Energiebedarf“, „Thermischer Komfort (Winter/ Sommer)“, „Akustischer Komfort“, „Dauerhaftigkeit/ Anpassung der gewählten Bauprodukte, Systeme und Konstruktionen an geplante Nutzungsdauer“. Diese Kriterien beschreiben im Wesentlichen die funktionelle Einheit (FE) „Raum“ oder „Gebäudezone“. Nicht die Kennwerte des an die Baustelle gelieferten Bauteils (das zu der jeweiligen FE gehört wie z.B. ein Fassadenelement) allein bestimmen die o.g. Kriterien. Diese produktbezogenen Kennwerte stellt der Hersteller über Logistikapplikationen bereit (vgl. Projekt „InWeMo“, dort „RFID-Bauserver“). Auch die Qualität des Einbaus d.h. das Zusammenwirken der Bauprodukte als FE und die QM- relevanten Prozesse der Gütesicherung sind im Lebenszyklus der gebauten Außenwand mit Fenstern oder der Glasfassade maßgebend. Insbesondere diese Aspekte erzeugen neue Kennzahlen und Daten, die mit den RFID-Identnummern zu verknüpfen sind. Dies wird im Folgenden näher ausgeführt.

4.1 Lebenszyklusphasen und Prozessdaten

Die materialtechnischen Veränderungen der Bauprodukte in und an Baukonstruktionen über die Lebenszyklusphasen müssten realistisch durch variable Material- Kennwerte beschrieben werden. Dies ist aufwändig und meist bauobjektspezifisch, da die jeweiligen Randbedingungen wie Witterung, Orientierung zu Sonne und Regen etc. über Klima- und Standortklasse des Bauwerks und die Schutzmaßnahmen eingehen. Eine andere Betrachtungsweise ist eine Bilanzierung der Produkteigenschaften über die zwei Grenzzustände „neu“ und „gealtert“ nach statistischen Methoden, wie dies z.B. beim Wärmedurchgangskoeffizient U von Mehrscheibenisolierverglasungen (MIG) mit Edelgasfüllung und einer Gasverlustrate pro Jahr (1 %/a) schon bei der Erstprüfung erfolgt. Daraus ergeben sich dann die Kenndaten für einen „mittleren“ Gebrauchszustand über die Nutzungsdauer von ca. 25 Jahren, wie dies auch im Leitfaden Nachhaltiges Bauen [36], Kap. 7 angegeben ist. Solche „Bemessungswerte“ (früher auch Rechenwerte genannt) sind für die Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T in den Nachweisen zum energiesparenden Wärmeschutz nach EnEV [13] von den Planern und Energieberatern zu verwenden.

Hinweise auf die Bemessungsmethoden und die Bemessungswerte selbst finden sich für die wesentlichen bauphysikalischen Kennwerte, nach Produktgruppen geordnet, in der Bauregelliste [40], in allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen, europäisch technischen Zulassungen mit nationalen Ergänzungen und den Produktblättern der Hersteller (CE- Kennzeichnung). Aus solchen „offiziellen“ Bauphysik- Kennzahlen entstehen für die Bewertung des nachhaltigen Bauens die sog. EPDs (Environmental Product Declaration) nach ISO 14025 für Bauprodukte, derzeit überwiegend für Baustoffe und Bauteile, jedoch nicht für komplett betriebsfertige Baukonstruktionen als „Funktionelle Einheiten“ [41]. Damit ist für Planer und Entscheider eine Auswahl auf Produktebene möglich, jedoch berücksichtigen diese EPDs keine unterschiedlichen Produkteinsätze im Gebäude und auch keine Wechselwirkungen der angrenzenden Materialien (Unverträglichkeit). Die Zertifizierungssysteme auf der Basis von EPDs unterstützen somit nicht die bauobjektbezogene Auswahl auf Bauproduktebene.

Somit sind zur Bewertung der RFID- Technik am Bau neben den in Tabelle 3 genannten funktechnischen Parametern zur Erfassung von bauphysikalischen und bautechnischen Kenndaten über die wichtige Lebenswegphase "Nutzung und Gebäudebetrieb" diese Spezifika zu diskutieren:

- Erfassung und Berücksichtigung von anwendungsbezogenen Randbedingungen wie Standort, Gebäudenutzung oder Gebäudeausrichtung,
- Abbildung zeitabhängiger Kenndaten wie Transmissions- und Lüftungs-Wärmeverluste infolge von tages- und jahreszeitlich bedingten Schwankungen sowie langfristig durch Qualitätseinbußen bei bauphysikalischen Produkteigenschaften wie Verschlechterung der wärmetechnischen Kennwerte durch Alterung (Ist-Zustand),
- Berücksichtigung der Lebensdauer von Bauprodukten sowie deren Anschlüsse (Sollzustand) unter Einbeziehung unterschiedlicher Maßnahmen für Instandhaltung und Sanierung,
- Berücksichtigung der Prognosemethoden für Produktdaten in den unterschiedlichen Bilanzierungsphasen (Grobplanung, Ausschreibung, Einbau, Altgebäudeerfassung) in Software [42] auch hinsichtlich der Datenverfügbarkeit und Datenqualität,
- Festlegung verschiedener Zeitintervalle wie z. B. Rechenschrittweite für die Ermittlung des Zeitverlaufs der Stoff- und Energieströme sowie des Betrachtungszeitraums für die Sachbilanz (Bild 34) nach DIN EN ISO 14040 [43],
- Aufbereitung der Sachbilanzergebnisse für die Wirkungsabschätzung und den Mehrwert qualitativ höherwertiger Bauprodukte und Bauweisen. Dies betrifft sowohl die kontinuierlichen Stoffströme, z. B. für den Energieverbrauch eines Gebäudes, als auch diskrete z. B. für Instandhaltungs- und Sanierungsarbeiten.

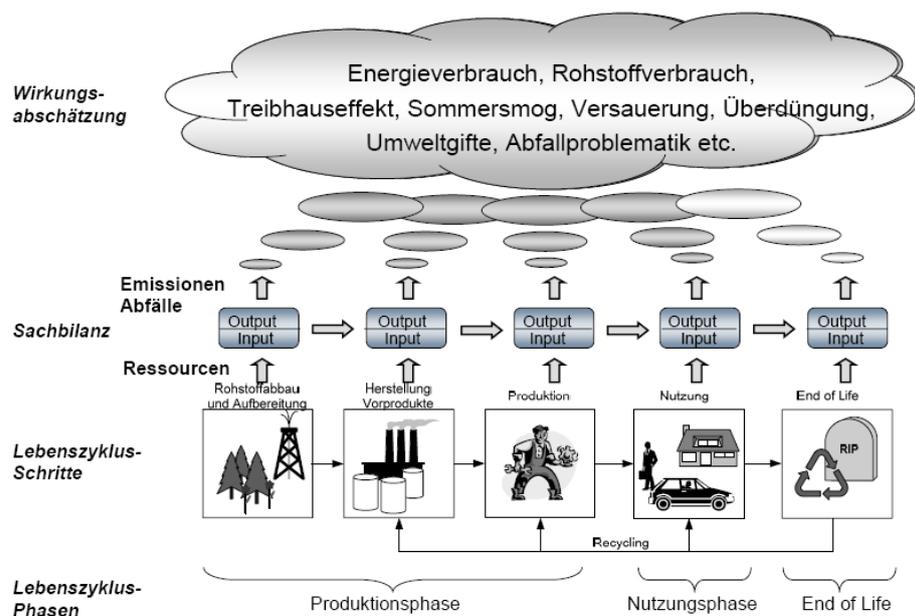


Bild 34: Konzept und Elemente des Life- Cycle- Assessments, nach GaBi [42].

Ökobilanzen von Bauprodukten basieren methodisch auf den gleichen Grundlagen wie Ökobilanzen von kurzlebigen Produkten [43], jedoch sind aus den o. g. Gründen Ergänzungen erforderlich. Beim Schritt "Verknüpfung der Einzelmodule zu Prozessketten" wird die klassische Vorgehensweise zum Teil verlassen. Zwar werden nach wie vor Prozesse zu Prozessketten mit bestimmtem Zeitbezug verknüpft, die Prozessstruktur verändert sich aber durch die jahrzehntelange Nutzungsdauer. Die Prozesskette zur Herstellung der Bauprodukte, zum Einbau im Bauwerk und zur Übergabe an den Nutzer wird zu einem angenommenen Zeitpunkt $t_N = 0$ modelliert. Der Prozessschritt Nutzungsphase ($t_N = 0$ bis $t_N = \max.$) sollte die funktionalen, bauphysikalischen Zusammenhänge in der Zukunft beschreiben, die über den gesamten Zeitraum der Nutzung oder auch über einzelne Intervalle (z. B. eine Heizperiode) gültig sind. Dies lässt eine prognostische Berechnung der daraus resultierenden Stoff- und Energieströme zu, wenn zum Erstellungszeitraum der Sachbilanz ausreichende Daten über die Bauprodukte selbst und zur Dauerhaftigkeit d.h. den Wirkungszusammenhänge in der FE vorliegen [35]. Rückbau und Recyclingprozesse werden für den Zeitpunkt $t_N = \max.$ angenommen.

Es werden Bilanzierungsschritte eingeführt, die die gesamte zu untersuchende Nutzungsphase (z. B. bei Fenstern mit MIG 25 Jahre oder für Außenwände mit WDVS 30 Jahre, nach [36]) in Zeitintervalle einteilen. Wie fein die Bilanzierungsschritte gewählt werden müssen, hängt von der Fragestellung und den verfügbaren Kenndaten ab. Die funktionalen Zusammenhänge $f(t)$ der Stoff- und Energieströme in der Nutzungsphase müssen bereits vor Beginn der Bilanzierung festgelegt werden (z. B. Zeitverlauf des Gas- und Wärmeverlustes durch alternde Dichtungen). Über die funktionalen Zusammenhänge hinaus gibt es auch diskrete Maßnahmen zu bestimmten Zeitpunkten (z. B. Oberflächenbehandlung eines Bauteils zum Feuchte- / Regenschutz wie Holz- Fensterrahmen oder verputzte Außenwand) zum Erhalt der Gebrauchstauglichkeit und somit z.B. des Bemessungswertes zum Wärmeschutz. Die daraus folgenden Stoff- und Energieströme werden in dem entsprechenden Zeitintervall mit aufsummiert. Auf Basis solcher Prozessstrukturen kann die Energie- oder Ökobilanz für alle Bilanzierungsschritte von $t = 0$ (Herstellung der Bauprodukte) über die Nutzungsphase bis $t = \max.$ (Recyclingprozesse) aufgestellt werden.

Ein solches Vorgehen mit zeitvariablen Produkt- Kennzahlen scheint derzeit aufgrund der überwiegend unbekanntenen und nicht standardisierten Zusammenhänge zwischen der Verwendung von Bauprodukten in unterschiedlichen Baukonstruktionen als „Funktionelle Einheit“ und den bauphysikalisch relevanten „Meta- Daten“ (wie Luftdichtheit und Schalldämmung) nicht für die Baupraxis machbar. Dies wäre erst möglich, wenn die jeweilige Funktion wie z.B. „Luftdichtheit einer Dachdämmung“ nicht nur im Neuzustand der Klebebänder auf der Dichtfolie (wie derzeit bei Blower- Door- Messungen), sondern auch nach Klima- und Windbelastung mit Hilfe von repräsentativen, zeitvariablen Kenndaten beschreibbar wäre. Solches lässt sich derzeit nur mit Hilfe von aufwändiger Messwerterfassung im Labor (Klimasimulator) oder an ausgeführten Objekten (in- situ) durchführen.

Doch auch mit den in der ersten Erprobung befindlichen RFID- Sensor- Transpondern, könnte eine Analyse des Zeitverlaufs solcher Meta- Daten erfolgen [44]. Daraus ließen sich dann die Sach- und Wirkbilanzen je Gebäude in der Planungsphase aus den theoretisch vorgegebenen (Grob-)Daten ermitteln, um die Nachhaltigkeits- Zertifizierung einzustufen. Diese Planzahlen geben

dann den Rahmen der zu erreichenden Bauqualität und die Fakten für die Realisierung mit bestimmten, bei hoher Einstufung hochwertigen Bauprodukten und qualitätsgesicherter Erstellung der Baukonstruktionen vor. Weiterhin sind durch diese Vorgaben die Wartungs- und Sanierungsarbeiten über die Gebrauchsdauer der Bauprodukte in der jeweiligen Konstruktion mit Hilfe der RFID- Transponder und einer digitalen Gebäudeakte nachprüfbar. Ein solches mit RFID- Technik unterstütztes System einer Baukonstruktion wird anhand der Demonstratoren „Glasfassade“ und „TGA- Lüftungssystem“ im Folgenden noch vorgestellt.

4.2 Regeln zur dauerhaften Bauqualität

Der Gesetzgeber fordert im Bauprodukten-Gesetz BauPG § 5 [12] aufgrund der Vorgaben in BPR und den mit geltenden sog. Guidance Papers / Leitpapier F „Dauerhaftigkeit“ [45] sowie in der MBO 2002 (§3, Abs. 2, [14]) für Bauprodukte und Bauweisen eine angemessene Zeitdauer, für welche die Gebrauchstauglichkeit sichergestellt sein muss. In einigen LBO wird diese Dauerhaftigkeit von Bauwerksteilen explizit vorgeschrieben. Gemäß EnEV § 6 (1) [13] „sind zu errichtende Gebäude so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist“. Jedoch wie lange ist dauerhaft? Je innovativer eine Technik ist und je länger die Verwendbarkeit des technischen Produktes geplant ist, desto größer wird die Irrtumsgefahr bei der Beurteilung des Verwendungsrisikos. Hinweise, wo die Kenndaten zu den Bauteileigenschaften (wie Luftdichtheit, Wärmebrückenfreiheit, Mindestwärmeschutz) nach den „anerkannten Regeln der Technik“ zu finden sind, gibt EnEV in § 23 vor. Dort wird auch explizit auf EU-Regeln verwiesen, „wenn ihre Einhaltung das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Energieeinsparung und Wärmeschutz dauerhaft gewährleisten“. Hierzu zählen derzeit auch die europäischen Produktnormen für Dämmstoffe und Fassaden (wie DIN EN 13163 für EPS bzw. DIN EN 13830 für Vorhangfassaden [58]), in denen über die CE-Kennzeichnung die Produktqualität vom Hersteller nachzuweisen ist. Aussagen zur Dauerhaftigkeit der Eigenschaften werden i.a. nicht gemacht, da die Nachweisverfahren (noch) nicht festgelegt und in Normen beschrieben sind [37]. Hier bietet sich eine Hilfestellung durch die RFID-Technik an.

Seitens der Hersteller sowie der einbauenden Gewerke liegen meist keine Langzeiterfahrungen vor, Gewährleistung und Haftung sind i.d.R. auf 2 oder 5 Jahre und auch nur auf den Ersatz des eigentlichen Mangels begrenzt, im ungünstigsten Fall kann der Bauunternehmer bei nachweisbarem Organisationsverschulden bis zu 10 Jahre für Schadenersatz haftbar gemacht werden. Somit gehen die Folgen nicht dauerhaft funktionierender Dämm- und Luftdichtheitskonstruktionen i.d.R. überwiegend zu Lasten und Kosten des Bauherren und Wohnungsnutzers in Form kostenintensiver Präventivmaßnahmen, als später aufwändige Beseitigung von Bauschäden oder schlicht durch höhere Betriebskosten [46].

5 Kennzeichnung von Bauprodukten

5.1 Normative und gesetzliche Anforderungen

Die Anforderungen an das Konformitätsnachweisverfahren zur EU-BPR und somit an die Kennzeichnung von Bauprodukten in Deutschland sind enthalten im Deutschen Bauproduktengesetz (BauPG) § 8 und § 12. Weitere Ausführungen dazu geben die Bauordnungen der Bundesländer (Musterbauordnung MBO und jeweilige Landesbauordnung LBO) mit der baurechtlich verknüpften Bauregellisten, der Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) und den damit verbundenen deutschen Normen (DIN) oder europäischen Normen (DIN EN). Einzelne, innovative Produkte oder Bausysteme regeln die bauaufsichtlichen Zulassungen (baZ) oder erhalten eine fallweise Zustimmung im Einzelfall (ZiE) durch die zuständige Baurechtsbehörde. Die Produkt- Gütesicherung für die Herstellung wird europäisch durch das CE-Zeichen und national durch das Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) dem Anwender der Produkte signalisiert. Darüber hinaus gibt es verschiedene Kennzeichnungen aus Güte-Richtlinien wie z.B. des VdS und des RAL. Der nachfolgende Überblick soll an einigen Beispielen zeigen, welche Rolle die Kennzeichnung von Bauprodukten und Gewerken derzeit spielt, in welchem Umfang sie gesetzlich vorgeschrieben ist und wie sie mit Hilfe einer Auto-ID/ RFID-Technik einen besseren Nutzen erzeugen kann.

a) Europäischen Bauproduktenrichtlinien (Stand 21.12.1988, zuletzt geändert 29.09.2003):

Als Folge des Gemeinsamen Europäischen Marktes auch für Bauprodukte wurde 1988 die Europäische Bauproduktenrichtlinie BPR [11] in Kraft gesetzt und 1998 in Deutschland auf nationaler Ebene durch das artgleiche Bauproduktengesetz BauPG [12] eingeführt. Der freie Warenverkehr für konforme Produkte sollte nicht behindert werden und eine Kennzeichnungspflicht mit dem Konformitäts- / CE- Zeichen war umzusetzen. Entsprechend mussten die Landesbauordnungen und die DIN- Standards angepasst werden, denn die EU-Regeln betreffen nur das Inverkehrbringen der Bauprodukte und nicht die Verwendung im Bauwerk. Für diese Fälle, wo das nationale Sicherheits- oder Bemessungsniveau anders geregelt ist als in BPR, mussten zusätzliche nationale Übergangsregeln dazu gestellt werden. Somit gibt es Bauprodukte mit dem CE- und Ü-Zeichen und einer Vielzahl geänderter Kennzahlen. Für alle Produkte mit wesentlichen Eigenschaften sind die Konformitätsnachweisverfahren nach BPR/ BauPG (§ 8) in den Produktnormen als Anhang ZA beschrieben. Da durch die EU-Regeln „nur“ für den Handel die Nennwerte ab Werkstor festgelegt werden, sind in der BPR auch die Anforderungen an die werkseigene Produktionskontrollen (WPK) und die Erstprüfung als „Baumusterprüfung“ vorgegeben. Jeder Mitgliedsstaat benennt seine Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen, solche Erstprüfungen aus Experiment, Berechnung und Beurteilung einmalig am Produkt durchführen. Bei Serienprodukten wird dies Verfahren aus Baumusterprüfung und WPK als ausreichend erachtet, jedoch nicht bei Bausystemen wie Glasfassaden, die i.a. objektbezogen zu planen und erstellen sind. Dort wären laufend die Prüfberichte der anerkannten Prüfstellen zu ändern oder der Hersteller „korrigiert“ seine Prüfnachweise objektbezogen selbst.

Die Europäische Kommission (KOM) hat am 23.05.2008 den offiziellen Vorschlag zur Revision der Bauproduktenrichtlinie (BPR) vorgelegt. Mit der geplanten Bauproduktenverordnung (CPR) ist zukünftig eine stärkere Verpflichtung der Mitgliedstaaten zur Marktüberwachung von Bauprodukten vorgesehen. Die Mitgliedstaaten sollen für die Qualität der Bauprodukte einstehen, indem sie durch entsprechende Maßnahmen dafür sorgen, dass abweichende Produkte aufgedeckt, eingeschränkt oder zurückgezogen werden. Hierfür soll das bisherige System der Marktüberwachung erheblich ausgeweitet werden und eine umfassendere Überprüfung der Produkte am Markt stattfinden. Im Rahmen eines neuen Forschungsvorhabens des BMVBS [47] sollen exemplarisch die Kosten für die Qualitätssicherung von Bauprodukten ermittelt werden und ein Vergleich zweier Qualitätssicherungssysteme (Eingriffs- und Vorsorgesystem) erfolgen.

Dies eröffnet für die RFID- Technik nicht nur in der qualitativen Beschreibung der Bauprodukte und der Baustoff- und Bauteil-Logistik große Chancen, sondern auch in der Anwendung zur Qualitätssicherung komplexer Bauteile und ganzer Bausysteme. Einmal zur Kennzeichnung der Eigenschaften nach den europäisch harmonisierten Anforderungs- und Leistungsklassen der Einzelbauteile zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Produkten. Zweitens zur Verknüpfung der Kennzahlen der Liefer-Bauteile in die Bausystemebene und den Soll-Ist-Vergleich von Planung und ausgeführter Baukonstruktion und somit auch zur Marktüberwachung und Stärkung der CE-Kennzeichnung (siehe Kap. 7 und 9).

b) Deutsche Bauordnungen:

In der aktuellen Fassung der Musterbauordnung (MBO) ist geregelt, dass verwendete Bauprodukte das Übereinstimmungszeichen (Ü- Zeichen) oder das CE-Zeichen aus der Europäischen Gemeinschaft tragen müssen. (MBO, Stand 11.2002, §17 Bauprodukte), siehe [14]. Dabei macht das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in den Bauregellisten [40] festgelegte Klassen- und Leistungsstufeneinteilungen oder die Angabe der Leistung des Bauprodukts. Diese Vorgaben sind von Herstellern zwingend einzuhalten, damit Bauprodukte die entsprechende Klasse erfüllen. Weiter regelt diese Bauordnung das Verfahren zur Bestätigung der Konformität und die Benutzung des Ü- Zeichens, welches einen Bezug zum Hersteller und dem konkreten Bauprodukt mit seiner Zulassung liefert d.h. zur Übereinstimmungserklärung und dem Ü- Zertifikat. Das Ü-Zeichen ist auf dem Bauprodukt selber, auf einem Begleitdokument, auf seiner Verpackung oder auf dem Lieferschein anzubringen (MBO, §22). Ein Hinweis auf den Verwendungszweck ist auf dem Ü- Zeichen mit anzugeben. Diese Kennwerte sind als Mindestdaten in RFID- Kennzeichnungssystemen aufzunehmen und über die Identnummern der RFID- Tags aus den Bauserver- Datenbanken abrufbar.

Die nach altem Recht erteilten allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeichen (abP) gelten für ihre Restlaufzeit als allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen im Sinne von § 21 MBO weiter. Alle Bundesländer haben diese Regel in ihre LBOs übernommen (LBO, Fassung 08.1995, zuletzt geändert 04.2007 [15]). Somit sind auch solche Kennzahlen in RFID- Datenbanken relevant.

c) Übereinstimmungszeichenverordnung ÜZVO (Stand 1998):

Für das genannte Ü- Zeichen sind zu den o.g. Kennwerten noch folgende Festlegungen in der Übereinstimmungszeichenverordnung [48] für die Kennzeichnung getroffen:

- Herstellername, gegebenenfalls Vertreiber oder Herstellerwerk, bei möglicher Zuordnung auch verschlüsselt,
- Kurzbezeichnung für das Bauprodukt,
- Bezeichnung der Zulassung mit „Z“ und Nummer,
- Bezeichnung des Prüfzeugnisses mit „P“ und Nummer, sowie Prüfstelle oder die ZiE (Zustimmung im Einzelfall) mit Behörde,
- Merkmale des Bauprodukts für den Verwendungszweck, soweit diese nicht schon als Kurzbezeichnung bestimmt sind,
- Bezeichnung der Zertifizierungsstelle, wenn vorgeschrieben.

Diese Angaben sind innerhalb des Ü- Buchstabens oder in unmittelbarer Nähe anzubringen. Wird das Ü- Zeichen auf einem Begleitdokument (z.B. einem Lieferschein) angebracht, so darf der Buchstabe „Ü“ ohne oder mit einem Teil der Angaben zusätzlich auf dem Bauprodukt angebracht werden. D.h. eine feste Markierung auf dem Produkt selber muss nicht vorhanden sein. Diese Kenndaten und Hinweise wären im Bauserver und somit zugreifbar in einer Datenbank auf der Baustelle und später für das Gebäude mit unterzubringen.

d) Bauregellisten des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt): (Stand 2007)

Die Bauregellisten [40] sind ein Verzeichnis von Bauprodukten, welche zum Nachweis der Erfüllung der Anforderungen aus den Landesbauordnungen geeignet sind und die vom Produkt einzuhaltenden Regeln vorgeben. Herausgeber dieser Listen ist das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin (DIBt), das laufend eine Aktualisierung vornimmt. Für verschiedene Beispiele von Bauprodukten im Bereich „Glasfassade“ und „Brandschutz“, die nach den Bauregellisten eingruppiert sind, werden im Folgenden die notwendigen Kenndaten und Prüfnachweise untersucht.

Einscheibensicherheitsglas (ESG):

Dieses Glas ist nach DIN 1249- 12 zu prüfen und entsprechend zu kennzeichnen (siehe Anhang 14.1 , Bild 109). Der Hersteller hat dabei eine Übereinstimmungserklärung abzugeben, nach vorheriger Prüfung des Bauprodukts durch eine anerkannte Prüfstelle (ÜHP) und Erteilung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (baZ). Die Bauprodukte **Brandschutztüren und Rauchschutztüren** sind aus der Bauregelliste gestrichen. Für sie wird auf Antrag mit entsprechender Prüfung vom DIBt eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erteilt oder ein Prüfzeugnis ausgestellt.

Brandschutztüren:

Sie haben Anforderungen und Prüfkriterien nach DIN 4102 Teil 5 zu erfüllen. Feuerschutzabschlüsse dieser Art bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung durch das Institut für Bautechnik, Berlin. Die Komponenten Türblatt,

Rahmenprofile, Befestigungsmittel und –punkte sowie Abdichtung zwischen Türblatt und Baukörper müssen dabei stets eine Funktionelle Einheit bilden (Bild 35).

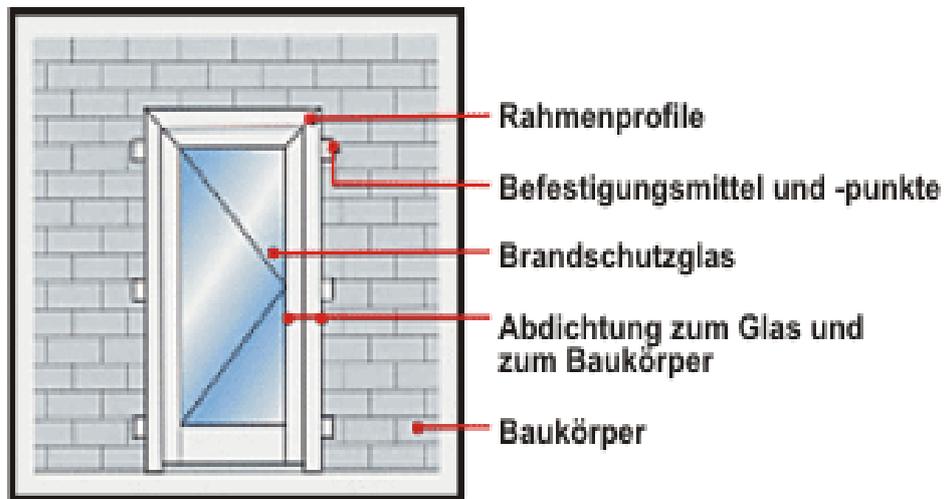


Bild 35:
Komponenten der funktionellen Einheit „Brandschutztafel“.

Die aktuelle Brandschutz- Regelung DIN 4102 wird demnächst von den Euro-Normen DIN EN 1350- 1, 1350- 2 und 1634- 1 abgelöst. Die neue DIN EN 1634- 1, "Feuerwiderstandsprüfungen für Tür und Abschlusseinrichtungen, Teil 1: Feuerschutzabschlüsse", legt die Prüfkriterien für die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung fest, die Türen und Tore als Feuerschutzelemente ausweisen.

Kennzeichnung der Tür:

Brandschutztafeln müssen nach vorgegebenen Zulassungsangaben auf einem feuersicheren Metallschild, wie in Bild 36 dargestellt, gekennzeichnet sein mit den Angaben zu:

- Name des Herstellers mit Herstellwerk,
- Zulassungsnummer,
- Türbezeichnung mit T- Angabe (Feuerwiderstandsklasse),
- Übereinstimmungszeichen "Ü" mit Zertifizierungsstelle,
- Herstelljahr.

Türen ohne Zulassungsschild sind keine Brandschutztafeln im Sinne des Gesetzgebers. Türen und Zargen bilden eine Einheit „Brandschutztafel“ und sind nur zusammen zugelassen. Mit den Türen selber muss darüber hinaus eine Einbauanleitung ausgeliefert werden.



Bild 36:
Beispiel für Kennzeichnung einer Brandschutztüre.

Rauchschutztüren:

Beim Rauchschutz ist in Deutschland zur Zeit noch die DIN 18095 gültig. Auch hier arbeiten die Gremien an einer europäischen Vorschrift. Im Teil 1 sind Begriffe, Anforderung (auch zur Kennzeichnung), Einbau und die Wartung definiert und der Teil 2 beschreibt die Prüfung des Baumusters. Sie müssen keine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung besitzen. Für sie muss stattdessen eine Übereinstimmungserklärung des Herstellers vorliegen. Die vorgeschriebenen Angaben in der Produktkennzeichnung sind:

- Normbezeichnung,
- Produktbezeichnung des Hersteller,
- Hersteller,
- Prüfzeugnisnummer mit Datum der Prüfung,
- Prüfstelle und Herstellungsjahr.

Mit den Türen muss eine Herstellerbescheinigung, eine Einbauanleitung, eine Wartungsanleitung und eine Kurzfassung des Prüfzeugnisses ausgeliefert werden. Solche Dokumente und Montagehilfsmittel wären ideale Datensätze für ein RFID- Technik orientiertes Info- System.

Mehrscheiben- Isolierglas und Fenster mit MIG:

Für geregelte Bauprodukte wie z.B. das Mehrscheiben- Isolierglas (MIG) finden sich in der "Bauregelliste A, Teil 1" gesetzliche Anforderungen auf der Basis von Technischen Regeln oder Normen. Seit dem 02.01.1996 müssen Isolierglä-

ser gemäß geltender Regelungen (durch Veröffentlichung der Bauregelliste) mit dem Ü- Zeichen (Bild 37, Beispiel Fenster mit MIG) gekennzeichnet sein.



Bild 37:
Beispiel eines Übereinstimmungs- Zeichens für ein Fenster mit MIG.

Für nicht geregelte Bauprodukte und nicht geregelte Bauarten sind in Teil 2 und Teil 3 dieser A- Liste die entsprechenden Anforderungen enthalten. Bauprodukte für die keine Kennzeichnung (Ü / CE) verlangt wird, die also ohne Nachweis oder Bestätigung im Hochbau verwendet werden dürfen, werden wegen ihrer untergeordneten Bedeutung in der Regelliste C aufgenommen. Diese sind für eine RFID- Kennzeichnung aus Gründen der ganzheitlichen Qualitätssicherung trotzdem interessant.

e) nationale DIN- Normen und europäische EN-Normen:

Die DIN-, DIN EN- und DIN EN ISO- Normen sind in 2 Gruppen unterscheidbar: Produktnormen für die einzelnen Materialgruppe wie EPS bei Dämmstoffen und Normen zu Prüfmethoden (durch Experiment oder Berechnung). Die europäischen Produktnormen geben die jeweils zutreffenden Prüfverfahren je Eigenschaft vor sowie die Einstufung in Stufen oder Klassen für die Nennwerte. Damit kennzeichnet der Hersteller sein Produkt „ab Werkstor“ für den freien Warenverkehr in Europa. Die konkreten technischen Anforderungen an die Bauprodukte für die Verwendung an oder in einem Gebäude in Deutschland regeln ergänzende Richtlinien und Normen. Dort werden aus den Nennwerten die Bemessungswerte je nach Anwendungsbereich, Klimaklasse oder Sicherheitsstandard. Auch die Qualitätssicherung durch werkseigene Produktionskontrollen und die Wichtigkeit zur Erfüllung der 7 wesentlichen Anforderungen aus der BPR/ Bau PG mit den Konformitätsbewertungen, Kennzeichnungsvorgaben (z.B. CE- Zeichen), Prüfverfahren und Anleitungen bei Produktänderung sind für die RFID-Technik abzustimmen.

Bei der Kennzeichnung des Produkts "natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgeräte" z.B. sind folgende Vorgaben einzuhalten: Lieferant, Typ, Modell, Herstellungsjahr, Kenngrößen der Energiequelle, Temperatur der thermischen Auslöseeinheit, aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche, Klasse für Windlast und Schneelast, Umgebungstemperatur, Wärmebeständigkeit, EN- Norm, Eignung für Wandeinbau, Einbauwinkel zur Horizontalen, Doppelfunktion. Alle diese Kenndaten lassen sich über die Transponder-ID in einem RFID-EPC-Datenpool hinterlegen.

f) Harmonisierung europäischer Normen:

Auch Baustoffe aus anderen Ländern des europäischen Wirtschaftsraumes können in den Bauregellisten des DIBt aufgenommen werden (Regelliste A oder B). Dabei gibt es europäische Normen aus den unterschiedlichen Ländern, die nicht harmonisiert sind. Während einer Koexistenzperiode können Bauprodukte in den EU- und EWR- Staaten mit der bislang geltenden nationalen Regelung oder mit der CE- Kennzeichnung in den Verkehr gebracht werden. Nach Ablauf dieser Periode sind auch diese Bauprodukte mit einer CE- Kennzeichnung zu versehen.

g) VdS- Richtlinien:

Die VdS Schadenverhütung (VdS = Vertrauen durch Sicherheit) erstellt im Auftrag des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft GDV umfangreiche technische Regelwerke für die Prüfung und Zertifizierung von Produkten und Firmen - die so genannten VdS- Richtlinien. VdS ist eine unabhängige und akkreditierte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle (PÜZ-Stelle) für Brandschutz und Einbruchdiebstahlschutz. Produkte wie z.B. Sprinkleranlagen und Rauchmelder werden dort geprüft. Bei bestandenen Tests wird ein VdS- Prüfsiegel vergeben. Diese Richtlinien werden international akzeptiert. Von der VdS wird auch eine bauaufsichtliche Anerkennung von Produkten nach dem deutschen Bauproduktengesetz erwartet, sobald das Deutsche Institut für Bautechnik als Anerkennungsbehörde entsprechende Anträge genehmigt.

h) RAL- Gütegemeinschaft:

Die deutsche Privatwirtschaft und die damalige deutsche Regierung gründeten 1925 als gemeinsame Initiative den so genannten "Reichs- Ausschuss für Lieferbedingungen", abgekürzt RAL. Diese Gütegemeinschaft ist ein privatrechtlicher Verein, der seine Arbeit auf Basis von wettbewerbs- und kartellrechtlich geprüften Unterlagen durchführt. Die jedem Gütezeichen zugrunde liegenden technischen Bestimmungen (Güte- und Prüfbestimmungen) werden darüber hinaus mit den betroffenen Fachverbänden und Organisationen der Industrie, des Handwerks, des Prüfwesens und der Verbraucherschaft abgestimmt. Die jeweiligen Hersteller oder Leistungsanbieter sind die Mitglieder der Gütegemeinschaften und bekommen nach Prüfung der Voraussetzungen von der Gütegemeinschaft das Recht zur Führung des jeweiligen RAL- Gütezeichens. Eine Übersicht zu einigen für die bauphysikalische Qualität relevanter Kenndaten, die in RFID- Systemen aufzunehmen sind, wird in Kap. 5.2 gegeben.

5.2 Derzeitige Kennzeichnungsmethoden

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Kennzeichnungsmethoden für Bauprodukte aus bauphysikalischer Sicht beschrieben, die in der Praxis gängig sind [49], [50]. Der Grund einer solchen Kennzeichnung, Vor- und Nachteile, der Einsatzbereich und die Dauerhaftigkeit der Kennzeichnung werden aufgezeigt. Eine Übersicht hierzu zeigt Tabelle 11.

Formen der Bauproduktkennzeichnung:

1) Handschriftliche Kennzeichnung mit Farbstift oder Kreide direkt auf das Produkt:

Beispiele: lackierte Stahlbauteile (Träger, Stützen etc.)

Diese Kennzeichnung wird vorgenommen, weil diese sehr gut lesbar ist und auf den Sichtflächen leicht wieder entfernt werden kann. Wesentliche Vor-/Nachteile zum elektronischen Etikett: die Kreidemarkierung ist schnell vorzunehmen, sie ist billig, leicht abzuändern und wieder entfernbar. Es besteht aber die Gefahr, dass die Kennzeichnung durch Transport und Lagerung unleserlich wird.

2) Markierung mit Aufdruck von Farbe, auf seitliche Ränder oder innen liegende Zwischenschichten:

Beispiele: Abdichtungsbahnen aus Kunststoff, Glaselemente, Gipsplatten, Metallstreben, Kabel, Formteile

Diese Methode der Markierung ist kostengünstig, an vielen Oberflächen flexibel anzubringen und relativ beständig gegenüber Beschädigungen. Wesentliche Vor-/Nachteile zum elektronischen Etikett: nachteilig beim Aufdruck ist die fehlende Möglichkeit zur Datenergänzung und die schlechte Lesbarkeit bei größeren Entfernungen. Die Vorteile sind geringe Herstellkosten, die Dauerhaftigkeit der aufgedruckten Daten und die gute Manipulationssicherheit.

3) Markierung mit Eingravierungen, Einstanzungen oder Laserbeschriftung:

Beispiele: bei elektronischen Schaltelementen, profilierten Stahlstützen, Glas

Diese Methode wird gerne verwendet, wenn die Forderung nach Temperatur- und Witterungsbeständigkeit besteht, da die Dauerhaftigkeit sowie die Ausfall- und Manipulationssicherheit hoch ist. Wesentliche Vor-/Nachteile zum elektronischen Etikett: nachteilig sind die fehlende Möglichkeit zur Datenergänzung und die begrenzte Auslesentfernung. Ein Vorteil sind die momentan geringeren Herstellkosten als bei der elektronischen Markierung.

4) Markierung mit Etiketten, mit oder ohne Barcode, direkt auf dem Bauteil:

Beispiele: Komponenten bei RWA- Anlagen, Fertigteile aus Beton, Formteile

In dieser Weise werden Bauprodukte gekennzeichnet wegen geringen Herstellkosten des Etiketts und einer leichten Handhabung. Bei Verwendung eines Barcodes besteht zudem die Möglichkeit, die Produkte in Auto-ID- gestützten Prozessen einzusetzen. Vor-/Nachteile zum elektronischen Etikett: nachteilig ist die fehlende Manipulationssicherheit, Etiketten können abgerissen oder beschädigt werden. Die Datenerkennung und Datenergänzung ist darüber hinaus nicht optimal. Vorteile sind die geringen Kosten und ein flexibler Einsatz.

5) Markierung auf der Verpackung:

Beispiele: Bitumenbahnen, Zementsäcke, Asphaltmischgut, Stahlfasern, Polymerfasern, Recyclingbaustoffe, Anstriche, Dämmstoffe.

Meist wird diese Kennzeichnungsart bei Produkten verwendet, welche als Schüttgüter oder Flüssigkeiten vorliegen. Auch bei Zuschnittware wie z.B. Dämmstoffe erfolgt die Kennzeichnung überwiegend auf der Verpackung. Vor-/Nachteile zum elektronischen Etikett: nachteilig ist die fehlende Manipulations-sicherheit, Etiketten wie oben beschrieben können auch abgerissen oder be-schädigt werden. Nach Auspacken und mit Einbau können die Produkte nicht mehr einwandfrei identifiziert werden. Vorteile sind die geringen Kosten und ein flexibler Einsatz.

Zweck der Bauproduktenkennzeichnung:

Der Inhalt einer Kennzeichnung besteht aus verschiedensten Daten, die sich in 4 Gruppen einteilen lassen:

- Stammdaten, die zum Etikett oder Transponder gehören (ID-Nummer),
- Produktdaten, die das zu charakterisierende Bauprodukt kennzeichnen,
- Meta- oder aggregierte Daten aus mehreren Datensätzen eines Bausystems oder Funktionellen Einheit,
- Dynamische Daten oder Zustandsdaten aus zeitvariablen Ereignisse (z.B. Transporten) und Veränderungen am Produkt (z.B. aus Sensor-Transpondern) aufzeichnen können [51].

Je nach Anforderung der jeweiligen Produktnorm sind typische Angaben z.B. der Lieferant, Typ, Modell, Herstellungsjahr, Zertifizierungsnummer und Bezugstandard (Produktnorm, Zulassung). Darüber hinaus werden Produktkennwerte angegeben wie Artikelnummer, Produktnummer, Materialtyp, Farbe, Materialdicke, geometrische Abmessungen, Kenndaten für Festigkeiten und bau-physikalische Eigenschaften, Stoffbezeichnungen, Güteklassen und Qualitätsklassen.

Aus folgenden Gründen erfolgt eine Kennzeichnung von Bauprodukten:

- Sicherstellung der Materialqualität, dass das bestellte Material mit allen geforderten Eigenschaften zum Einsatz kommt (bei vielen Bauprodukten in den Produktnormen oder Zulassungen vorgeschrieben),
- Warenverfolgung im Bauablauf, von der Produktion über Anlieferung und Einbau auf der Baustelle bis zur Abnahme (siehe auch Projekt „InWeMo“),
- Identifizierung und Überwachung der Materialien oder Bauteile im laufenden Betrieb einer baulichen Anlage.

Einsatzdauer von Kennzeichnungsschildern:

Einsatz bis zur Materialanlieferung:

Bei sehr vielen Bauprodukten gibt es standardmäßig Klebeetiketten, die auf den Verpackungen angebracht sind und nach Anlieferung auf der Baustelle vom Montagepersonal entfernt und entsorgt werden. Als Beispiele seien hier Paletten mit Mauersteinen, Gebinde von Wärmedämmplatten, Bitumenbahnen, Dachziegel, Betonfertigteile genannt. Zur Bestätigung des korrekt gelieferten Materials werden normalerweise solche Beipackzettel mit den Begleitpapieren wie Lieferscheine und Produktdatenblätter von der Bauleitung gesammelt und in die Bauakte abgelegt. Dieses Material wird also ohne direkte Kennzeichnung eingebaut, so dass eine Identifizierung nur durch Beschädigung erfolgen kann.

Einsatz bis einschließlich Einbau: Es gibt darüber hinaus Materialien, wie z.B. Rohrleitungen aus Kunststoff oder Elektroleitungen, die zusätzlich zum Etikett noch mit einer dauerhaft aufgedruckten Signierung direkt auf dem Werkstoff versehen werden, die jeden laufenden Meter angebracht ist. Bei Innenausbau-material im Trockenbau, wie Gipsplatten und Metallständer, sind die dauerhaft aufgedruckten Markierungen so angebracht, dass sie nach Einbau nicht mehr sichtbar sind, also rückseitig oder an Falzen. Es gibt auch Klebe- oder Metalletiketten, die noch nach dem Einbau am Produkt verbleiben wie z.B. bei Komponenten einer RWA- Anlage, Heizungspumpen, Fenstern und Türen, bei elektrischen Steuergeräten etc. Bei solchen Materialien ist das Etikett meist nach außen hin zum späteren Nutzer für Wartung u.a. sichtbar angebracht. Für Analysen zur Nutzung der Kennzeichnung vor allem für Funktionelle Einheiten wie Fenstersysteme, Dächer oder Heizungsanlagen ist die Betrachtung der Lebensdauer solcher Schilder wesentlich. Aus heutiger Sicht sind kurzzeitig am Produkt verfügbare Kennzeichnungen noch weit verbreitet; die darauf enthaltenen Daten gehen meist auf der Baustelle verloren.

Tabelle 11:
Vor- und Nachteile von gängigen Kennzeichnungsmethoden.

	Aufkleber	Aufdruck	Typenschild	Barcode	2D-Matrix Code	RFID
Kosten	++	++	+	++	+	o
Ausfallsicherheit	-	+	++	o	+	+/- *
Manipulationssicherheit	--	+	++	o	+	++
Kennzeichnungsaufwand	+	o	+	o	o	+
Flexibilität Montageort/-zeit	+	-	o	-	-	+
Datenergänzung	-	--	-	-	-	++
Schlechter Sichtkontakt	--	--	--	-	o	+
Optik für verbleibende / dauerhafte Kennzeichnung	-	o	-	-	o	++

Legende: Lösung: ++ optimal, + günstig, o durchschnittlich, - ungünstig / ungeeignet.

* : + für dezentrale Datenhaltung über gesicherte Serverstruktur,
- für zentrale Datenhaltung im Transponder ohne Rücksicherung.

5.3 Kennzeichnungsbeispiele

5.3.1 Beispiele Produktetiketten

Einige Beispiele von derzeitigem Produktetikett sind in Bild 38 bis Bild 40 dargestellt. Im Anhang 1, Kap. 14.1 sind darüber hinaus für Produkte wie Betonfertigteile, Bitumenbahnen, Klebebänder (Verbrauchsmaterial), Sicherheitssysteme, Kommissionierregale (Stahlbau), Kunststoffrohre, Mauersteine, Brandschutztüren und Wärmedämmung weitere Beispiele angeführt. Eine Legende neben den Kennzeichnungen klassifiziert die unterschiedlichen Informationen.

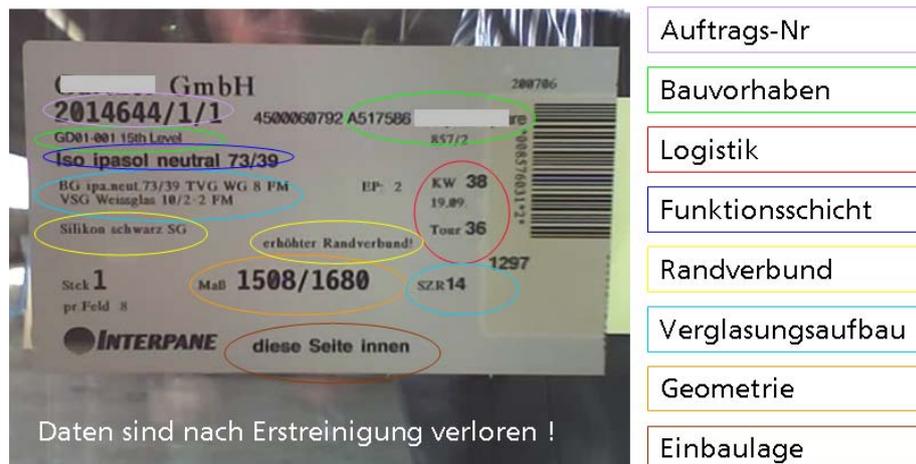


Bild 38: Beispiel Produktetikett einer Mehrscheiben- Isolierverglasung.

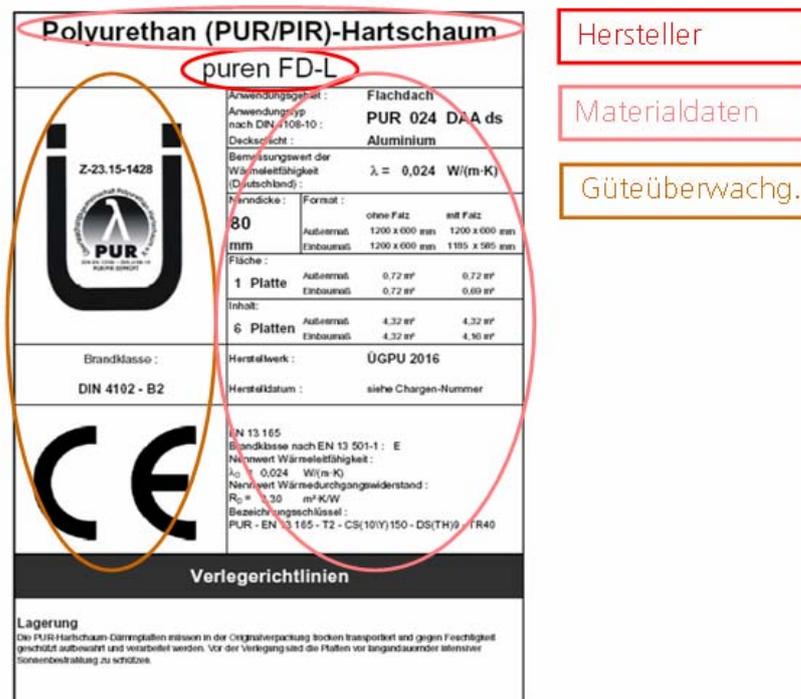


Bild 39: Beispiel Produktetikett eines Wärmedämmstoffes.



Bild 40:
Beispiel Produktetikett eines Porenbetonsteins.

5.3.2 Kennzeichnung funktioneller Einheiten

Die Kennzeichnungspraxis funktioneller Einheiten FE wird anhand von folgenden Fallbeispielen untersucht:

- Flachdachabdichtungen in bituminöser Bauweise,
- Metallständerwände im Trockenbauwände und
- natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen.

Für einzelne Komponenten der funktionellen Einheit ist die bisherige Kennzeichnung dargestellt und Nachteile gegenüber einer elektronischen Markierung sind aufgezeigt. Darüber hinaus gibt es für die konkrete Anwendung einen Vergleich aller sonstigen Kennzeichnungssysteme. Vor- und Nachteile sind dabei aus heutiger Sicht aufgrund allgemeiner praktischer Erfahrungen bei Bauprojekten ermittelt worden. Die Bewertung gibt an, ob es sich um eine optimale Lösung handelt (++), um eine günstige Lösung (+), um eine durchschnittliche Lösung (o) oder um eine schlechte und ungeeignete Lösung (-).

a) Kennzeichnungsmethoden bei Flachdachabdichtung in bituminöser Bauweise:

Die Analysen für Flachdachabdichtungen in bituminöser Bauweise sind in Tabelle 12 dargestellt. Eine Kennzeichnung folgender Komponenten ist sinnvoll für Bitumenbahnen, Dampfsperbahnen, Wärmedämmung, Blechverwahrung, Lichtkuppeln, Entlüfter, Gullys und Kontrollstationen.

Anforderungskriterien an Flachdachabdichtung:

- 1) sämtliches Material ist außenseitig der Witterung ausgesetzt d.h. extremen Temperatur- und Feuchteschwankungen, Solarstrahlung etc.
- 2) die Überbauung der Materialien spielt eine Rolle für die Kennzeichnung.

Bemerkungen zu den einzelnen Kennzeichnungsmethoden:

- 1) Die Kennzeichnungsmethode Aufkleber hat Nachteile hinsichtlich Ausfallsicherheit und Manipulation. Ein einfacher Aufkleber z.B. kann auf nicht staub- und fettfreiem Untergrund abfallen sowie schnell und einfach durch ein anderen ersetzt werden ohne das es auffällt.
- 2) Gewerkespezifisch werden optische Kennzeichnungen auf Produkten durch darüberliegende Schichten oder Bauteile verdeckt und sind somit nicht mehr auslesbar.
- 3) Gerade im Flachdachbau, wo Witterungseinflüsse alle Materialkomponenten betreffen, stellt sich die Anforderung für eine dauerhafte Kennzeichnung. Nur Eingravierungen oder Typenschilder wären hier generell vom System her denkbar, was bei Abdichtungsbahnen aber nicht realisierbar ist.
- 4) Eine elektronische Kennzeichnung ist von der Größe her klein genug, um sie auch an Folien, Bitumenbahnen und Dämmstoffen anzubringen. Informationen können so dauerhaft über die Identnummern gelesen und weitere Daten, je nach Transpondertyp, ergänzt werden.
- 5) Datenergänzung: die Veränderung und Ergänzung von elektronisch gespeicherten Daten im Bauablauf und bei der Wartung z.B. von Materialkennwerten, Herstellerdaten, Zulassung, Normung, Montageanleitungen, Detailzeichnungen von Anschlüssen, etc. ist leicht realisierbar, auch unter Beachtung von Zugriffsrechten.

Tabelle 13:
Übersicht sowie Vor- und Nachteile von gängigen Kennzeichnungsmethoden einer Flachdachabdichtung in bituminöser Bauweise.

Kennzeichnung der einzelnen Materialkomponenten:								
Gewerk	Materialkomponenten	Kennzeichnungen		Vorteile einer elektronischen Kennzeichnung				
		bisher	neu					
Flachdachabdichtung in bituminöser Bauweise	Bitumenbahn	Aufkleber Verpackung	RFID	Herstellerzuordnung und Bezug zu den bauphysikalischen Kennwerten				
	Bitumenanstrich	Aufkleber Verpackung	Aufkleber Verpackung	keine Verbesserungsmöglichkeit				
	Dampfsperre	Aufkleber Verpackung	RFID	Herstellerzuordnung und Bezug zu den bauphysikalischen Kennwerten				
	Wärmedämmung	Aufkleber Verpackung	RFID	Kontrolle Materialdicke und Herstellerzuordnung und Bezug zu den bauphysikalischen Kennwerten				
	Blechverwahrung	ohne	RFID	mögl. Kontrolle Farbausführung und Blechstärke				
	Lichtkuppeln	Aufdruck	RFID	Herstellerbezug, Kontrolle Materialqualität d. Kuppel				
	Entlüfter, Gullys, Kontrollstationen	Aufdruck	RFID	untergeordnete Qualitätsanforderungen				
Kennzeichnungsmethoden:								
Kriterien (besonders kritische Punkte sind fett markiert)	Handbeschriftung	Aufkleber	Aufkleber 1D-Barcode	Aufdruck	Graviert / Gestanzt	Typenschild	Aufkleber 2D-Matrix-Code	RFID
Kosten	++	++	++	++	+	+	+	o
Ausfallsicherheit	-	-	-	+	++	++	-	+ / --
Manipulationssicherheit	-	-	-	++	++	++	+	++
Kennzeichnungsaufwand	++	+	+	o	o	+	+	+
Flexibilität Montageort / -zeit	++	+	+	+	++	+	+	++
Datenergänzung	+	+	-	-	-	-	-	++
Sichtkontakt / Datenerkennung	-	-	-	-	-	o	o	+
Optik für dauerhafte Kennzeichnung	-	-	-	-	++	++	-	++

Legende: Lösung ++ optimal, + günstig, o durchschnittlich, - ungünstig / ungeeignet

b) Kennzeichnungsmethoden bei Trockenbauwänden

Die Ergebnisse der Untersuchungen zu Metallständerwänden im Trockenbau sind in Tabelle 14 dargestellt. Eine Kennzeichnung ist an folgenden Bauteilen sinnvoll: Gipsplatten, Wärmedämmung, Metallständern, Türen, Fenster, Spanplatten, Beschlägen und Kunststoffschienen.

Anforderungskriterien an eine Trennwand:

- 1) Anbringung der Kennzeichnung an Stellen, die visuell nicht störend sind, weil die Flächen außen optisch hohe Anforderungen haben.

- 2) Die Trockenbau-Wände sind praktisch immer in einem Gebäude aufgestellt, nicht im Freien und damit sind bei Zimmertemperaturen keine größeren Feuchtebelastungen vorhanden.
- 3) Es ist keine unabsichtliche Beschädigungsgefahr gegeben.

Bemerkungen zu den einzelnen Kennzeichnungsmethoden:

- 1) Die bisherige Kennzeichnungsmethode mit Aufklebern bei verschiedenen Materialien einer Ständerwand haben Nachteile hinsichtlich Ausfallsicherheit und Manipulation. Ein Aufkleber bei der Verpackung der Wärmedämmung oder bei Beschlägen z.B. kann durch ein Versehen oder absichtlich einfach durch ein anderes ersetzt werden, ohne dass es jemand bemerkt.
- 2) Bei den einzelnen Elementierungen besteht ein mangelnder Sichtkontakt weil durch die hohen optischen Anforderungen alle Markierungen nach dem Einbau nicht mehr sichtbar sind. Bei Anbringung einer Markierung in Falzen, z.B. bei Türen und Fenstern, ist die Erkennung schon eingeschränkt, rückseitig angebrachte Markierungen z.B. an Gipsbauplatten sind dauerhaft nach dem Einbau versteckt.
- 3) Mangelhaft ist die Datenergänzung bei herkömmlichen Kennzeichnungen. Bei Änderungen ist ein komplett neues Schild anzufertigen. Weitere Informationen wie Einbauanleitungen, Elemententeilungen, Abmessungen, Materialzuordnungen, die hier im Trockenbau notwendig sind, werden bisher auf verschiedensten Planungsunterlagen aufwendig zusammengestellt und können bei einer zukünftigen elektronischen Registrierung am Produkt schnell auf der Baustelle abgerufen werden.
- 4) Eine elektronische Kennzeichnung als neue Möglichkeit kann auf den relevanten Bauteilen relativ unsichtbar angebracht werden und die Informationen sind jederzeit abrufbar. Daten wie Hersteller, Baustofftyp, Materialdicke und bauphysikalische Werte, Brandschutzklasse, Farbausführung, Abmessungen, etc. sind für dieses Bausystem wichtig und für die Datenhaltung mittels RFID-EPC geeignet.

Diese Kennzahlen und Daten aus Nr. 3 und 4 sollten auch auf dem Bauteiltransponder nach dem Projekt „IntelliBau“ enthalten sein (dies entspricht dem Konzept der ARGE-Partner TU Dresden).

Tabelle 14:
Übersicht sowie Vor- und Nachteile von gängigen Kennzeichnungsmethoden einer Metallständerwand im Trockenbau.

Kennzeichnung der einzelnen Materialkomponenten:								
Gewerk	Materialkomponenten	Kennzeichnungen		Vorteile einer elektronischen Kennzeichnung				
		bisher	neu					
Trockenbau - Metallständerwand (z.B. für eine Meisterkabine)	Gipsplatten	Aufdruck	RFID	mögl. Farbkontrolle, Kontrolle Materialdicke und Herstellerzuordnung und Bezug zu den bauphysikalischen Kennwerten				
	Wärmedämmung	Aufkleber Verpackung	RFID	Herstellerzuordnung und Bezug zu den bauphysikalischen Kennwerten				
	Metallständer	Aufdruck	RFID	Materialdickenkontrolle				
	Fenster- u. Türelemente	Aufkleber	RFID	mögl. Farbkontrolle, Abmessungskontrolle, Brandschutzklasse				
	Fußbodenspanplatten	ohne	RFID	Überprüfung Materialstärke, Brandschutzklasse, Quellen bei Wassereintritt				
	Beschläge	Aufkleber Verpackung	RFID	Herstellerbezug, Kontrolle techn. Ausführung				
	Kunststoffschienen	Aufdruck	RFID	Feststellung Ausführungstyp				
	Dichtungstreifen	Aufkleber Verpackung	Aufkleber Verpackung	keine Verbesserungsmöglichkeit				
Kennzeichnungsmethoden:								
Kriterien (besonders kritische Punkte sind fett markiert)	Handbeschriftung	Aufkleber	Aufkleber 1D-Barcode	Aufdruck	Graviert / Gestanzt	Typenschild	Aufkleber 2D-Matrix-Code	RFID
Kosten	++	++	+	++	+	+	+	o
Ausfallsicherheit	-	-	-	+	++	++	-	+ / --
Manipulationssicherheit	-	-	-	++	++	++	+	++
Kennzeichnungsaufwand	++	+	+	o	o	+	+	+
Flexibilität Montageort / -zeit	++	+	+	+	++	+	+	++
Datenergänzung	+	+	-	-	-	-	-	++
Sichtkontakt / Datenerkennung	-	-	-	-	-	o	o	+
Optik für dauerhafte Kennzeichnung	-	+	+	++	++	++	+	++

Legende: Lösung ++ optimal, + günstig, o durchschnittlich, - ungünstig oder ungeeignet

c) Kennzeichnungsmethoden bei den natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (NRWG):

Die Übersicht für das Fallbeispiel „natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräte (NRWG)“ ist in Tabelle 14 dargestellt. Eine Kennzeichnung ist an den folgenden Bauteilen sinnvoll: Antriebsmotoren, Notstromsteuerzentrale, den Meldern und Tastern sowie den Fenstern oder Kuppeln.

Anforderungskriterien an NRWGs:

- 1) Es gibt nur relativ kleine Flächen auf den Bauteilkomponenten für die Anbringung von Kennzeichnungen, siehe Antriebsmotoren, Brandmelder oder Taster.
- 2) Die Zugänglichkeit verschiedener Komponenten wie Fenster und Antriebsmotoren ist nicht immer direkt möglich, oft nur mit Leitern oder Verfahrwagen erreichbar.
- 3) Die Komponenten sind praktisch immer in Gebäuden aufgestellt, also bei Zimmertemperaturen und geringer Feuchtbelastung.
- 4) Es ist keine unabsichtliche Beschädigungsgefahr gegeben.

Bemerkungen zu den einzelnen Kennzeichnungsmethoden:

- 1) Fenster und Antriebe sind normalerweise mit kleinen Markierungen versehen (wie Aufdruck oder Aufkleber) und meist nicht in Reichweite für eine ausreichende Erkennung der Daten bei Abnahme oder Wartung, auch z.B. bei Positionierung von Fenstern im Dachbereich.
- 2) Wie bei den anderen beiden Produktsystemen ist auch hier die Datenergänzung ein kritischer Punkt. In der Gesamtanlage NRWG sind komplette Revisionsunterlagen (Dokumentation, Bedienung, Wartung, Störfall) notwendig. Die Bereitstellung von solchen Unterlagen in elektronischer Form bietet eine gute Möglichkeit, dauerhaft zugänglich, jederzeit verfügbar, verlustfrei, vollständig und manipulationssicher Zugriff zu haben.
- 3) Bei dieser Bauproduktgruppe bietet die elektronische Kennzeichnung eine bessere Datenergänzung, Datenerkennung und Manipulationssicherheit. Dazu kann auf verschiedenste Daten schneller zugegriffen werden, wie z.B. der Herstellerbezug, Bauteildaten, Materialnummern, VdS- Zulassung, Normung, Bemessungsdaten, etc.

Tabelle 15:
Übersicht sowie Vor- und Nachteile von gängigen Kennzeichnungsmethoden
von natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (NRWG)

Kennzeichnung der einzelnen Materialkomponenten:								
Gewerk	Materialkomponenten	Kennzeichnungen		Vorteile einer elektronischen Kennzeichnung				
		bisher	neu					
NRWG (natürliches Rauch- und Wärmeabzugsgerät)	Antriebsmotor	Schild	RFID	Herstellervuordnung und Bezug zu den technischen Kennwerten (Strom, Spannung, Kabelquerschnitt, Hubgeschwindigkeit, Hubkraft, Hubhöhe, Temp.bereich)				
	Notstromsteuerzentrale	Schild	RFID	Herstellervuordnung und Bezug zu den elektotechnischen Kennwerten (Strom, Spannung, Anschlussquerschnitte)				
	Rauch-/Brandmelder	Etikett	RFID	Bezug zur VdS-Zulassung und Spannungsaufnahme				
	RWA-Taster	Etikett	RFID	Bezug zur VdS-Zertifizierung, Schalleistung und Spannungsaufnahme				
	Lüftertaster	Aufdruck	RFID	Bezug zur Materialnummer (für Identifikation und z.B. Nachbestellung)				
	Fenster	Aufdruck oder ohne	RFID	Herstellervuordnung, Abmessungen, Öffnungswinkel und -weite				
	Kabel	Aufdruck	Aufdruck	keine Verbesserungsmöglichkeit				
Kennzeichnungsmethoden:								
Kriterien (besonders kritische Punkte sind fett markiert)	Handbeschriftung	Aufkleber	Aufkleber 1D-Barcode	Aufdruck	Graviert / Gestanzt	Typenschild	Aufkleber 2D-Matrix-Code	RFID
Kosten	++	++	++	++	+	+	+	o
Ausfallsicherheit	-	-	-	+	++	++	-	+ / --
Manipulationssicherheit	-	-	-	++	++	++	+	++
Kennzeichnungsaufwand	++	+	+	o	o	+	+	+
Flexibilität Montageort / -zeit	++	+	+	+	++	+	+	++
Datenergänzung	++	+	-	-	-	-	-	++
Sichtkontakt / Datenerkennung	-	-	-	-	-	-	o	+
Optik für dauerhafte Kennzeichnung	-	+	+	++	++	++	+	++

Legende: Lösung ++ optimal, + günstig, o durchschnittlich, - ungünstig oder ungeeignet

5.4 Analyse der Fallbeispiele

Für die drei betrachteten Bauproduktssysteme Abdichtungsbahnen, Trockenbau-Metallständerwände und Rauch- /Wärmeabzugsanlagen werden nachfolgend Materialien von jeweils 5 Herstellern untersucht. Die gültigen Normen, die Markierung am Produkt selbst oder an der Verpackung werden dargestellt sowie die Ausweisung von Produktdatenblättern und Materialbeschreibungen auf Datenbanken. Die untersuchten drei Produktsysteme sind baurechtlich durch harmonisierte Regelwerke beschrieben, d.h. die Vorgaben aus der europäischen Norm sind in der zugehörigen deutschen Norm umgesetzt. Die Aufstellung, welche harmonisierte Normen für welche Bauprodukte baurechtlich gültig sind, findet man in der Liste der Technischen Baubestimmungen LTB, veröffentlicht beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin, unter der Rubrik „Harmonisierte Normen“ oder der Informationsstelle IS-ARGEBAU [52], Stand: 20. September 2007.

Anhang 2 gibt einen Überblick zu den gültigen Normen für die drei Produktsysteme. Fett markiert sind solche Normen, die sich auf die konkret untersuchten Produkte der jeweiligen Hersteller beziehen. Die in den Normen geforderten Kennwerte sowie die Kennzeichnungspraxis für die folgenden Fallbeispiele sind in den Tabellen in Anhang 3 bis 5 dargestellt.

5.4.1 Fallbeispiel 1: horizontale Abdichtungsbahn aus Bitumen und Kunststoff

Im Folgenden wird am Beispiel von Abdichtungsbahnen aus Bitumen und Kunststoffen untersucht, welche Chancen und Probleme sich bei elektronischer Kennzeichnung mit RFID- Technik im Vergleich zu derzeitiger, guter Produktkennzeichnung zeigen. Dabei werden Baustellenprozesse angesprochen sowie die Nachweise zu Materialqualität, Dokumentation und Kennzeichnungspflicht.

Dokumentation: Die untersuchten Firmen haben generell eine gute Dokumentation ihrer Produkte hinsichtlich technischer Beschreibung und bauphysikalischen Kennwerten. Produktdatenblätter können in der Datenbank aus der Internetseite der Firmen herunter geladen werden. Damit soll der Verwaltungsaufwand für den Hersteller reduziert werden. Die Angabe der Kennwerte erfolgt generell sehr unterschiedlich, jeder Hersteller erachtet andere Werte als notwendig. Als Gründe werden genannt, dass nur die wichtigsten Daten den Planer oder den Kunden für sein Bauvorhaben interessieren. Erst wenn noch genauere Nachweise verlangt werden, gibt der Lieferant detaillierte Informationen heraus, z.B. ein Prüfzeugnis. Es gibt Hersteller, die praktisch alle Kennwerte aus der Norm angeben, bei anderen fehlt ungefähr ein Drittel dieser Kennwerte.

Kennzeichnung am Produkt: Die Markierung mittels Etikett direkt auf der Bitumenbahn wird normalerweise nicht gemacht, weil die einzelnen Bahnen miteinander verschweißt werden. Das vorgeschriebene Etikett ist i. a. in der Verpackung der Rollen eingelegt oder aufgeklebt. Auf Kunststoffbahnen wird ein Aufdruck als Kennzeichnung vorgenommen, aber teilweise unterseitig und damit ist später zerstörungsfrei keine Information mehr am Produkt ablesbar. Die konkrete Markierung des Produkts Abdichtungsbahn ist also recht unterschiedlich, je nach Materialtyp und auch zwischen den Firmen verschieden. Gemeinsam ist allen, dass die wichtigen Materialkennwerte auf der Baustelle nicht direkt ablesbar oder überprüfbar sind.

Anlieferung Baustelle: Bei Anlieferung auf die Baustelle werden bei allen untersuchten Herstellern keine Datenblätter mitgeschickt. Für eine Überprüfung zwischen dem geplanten und gelieferten Material muss der verantwortliche Bauleiter mit den Ausschreibungsunterlagen und den Datenblättern in der Hand auf der Baustelle den Soll- Ist- Vergleich machen. Mangelhaft ist eine Kontrolle vor Ort, wenn das Material nur in Stichproben überprüft wird. Je größer die Baustelle ist, desto weniger Material kann dann meist vom Bauleiter überprüft werden. Er hat in seiner Verantwortung so viele Aufgaben zu bewältigen, dass Material schnell eingebaut ist, bevor es in Augenschein genommen wird. Meistens gibt es ein Vertrauen gegenüber dem Hersteller, der mit seinem Namen für Qualitätsprodukte steht. Sollte es zum Schadensfall kommen, der aufgrund mangelnder Materialqualität zustande kommt, wird innerhalb der Gewährleistungszeit direkt an den Hersteller oder Lieferanten verwiesen. Eine absolute Sicherheit über die wirkliche Qualität des eingebauten Materials ist das nicht. Für das Produktsystem Abdichtungsbahn gibt es zudem rund 20 Kenn-

werte, die nach der Normung das Material klassifizieren (siehe Anlage 14.6). Dies wäre mit Hilfe der RFID- Technik leicht zu machen, wie in Kap. 7 mit dem RFID-Baustellen-Kiosk gezeigt. Tests vor Ort, wie z.B. beim Frischbeton, werden normalerweise nicht gemacht.

Kennzeichnungspflicht/Etikettierung: Am Produkt selbst und/oder auf den Begleitpapieren (die auch separat verschickt werden können) sind folgende Angaben zu machen:

- Produktionsdatum oder die Identifikationsnummer,
- Handelsname des Produkts,
- Länge und Breite, Dicke oder Maße,
- Etikettierung entsprechend nationaler Regelung, bezogen auf Gefahrstoffe, Gesundheit und Nutzungssicherheit,
- Produkttyp.

Dachkonstruktion/Materialverträglichkeit: Bei einem Flachdachaufbau kommt zur Abdichtungsbahn selber noch anderes Material hinzu, z.B. der Voranstrich, Dampfsperren, Wärmedämmung, Aufbauten. Die Verträglichkeit dieser Materialien miteinander muss am Ende die Fachfirma gewährleisten können. Ablesbar auf der Baustelle ist dies nicht. Und selbst ein Architekt kann nicht immer auf dem aktuellsten Stand der Technik sein, damit er die richtigen technischen Details planen und kontrollieren kann.

Prüfzeugnis/ Übereinstimmungszertifikat: Die in Deutschland in Verkehr gebrachten, wichtigen Bauprodukte (Handelsware) müssen alle einem gültigen Konformitätsnachweis (Prüfzeugnis, Ü-/ CE-Zertifikat) haben. Dieser Punkt kann durchaus im Zuge des Bauablaufs bei normaler Dokumentation per Schriftverkehr übersehen werden. D.h. bei Kontrolle der Produktdatenblätter und Prüfzeugnisse für alle relevanten Materialien ist die Art und Laufzeit der Zertifikate bzw. Zeugnisse genau zu überprüfen.

Materialqualität: Durch die geforderte Zulassungs- und Kennzeichnungspflicht (BauPG, CE- , Ü- Zeichen) sowie der werkseigenen Produktionskontrolle für die meisten hergestellten Baustoffe in Deutschland ist eine gute Basis geschaffen, damit nur qualitative hochwertige Baumaterialien hergestellt werden, bei den Abdichtungsbahnen wie auch generell im Bauwesen. Ob solch ein Material tatsächlich auf der Baustelle verwendet wird, ist damit noch nicht sichergestellt.

Mangelnde Materialinformationen: Untersucht wurden 5 Hersteller, es gibt aber in Deutschland und im EWR eine Vielzahl anderer Produzenten, und nicht jeder gibt auf direkten Weg alle Materialinformationen heraus. Erst mit Nachhaken und separater Anforderung sind dann teilweise genauere Informationen erhältlich, was umständlich und zeitaufwendig ist. Es gibt viele Baustellen, bei denen damit der Soll- Ist- Vergleich für das geplante Baumaterial auf der Baustelle verloren geht. Geforderte Kennwerte sind nicht nachzuvollziehen. Bei Materialanlieferung, Einbau, Abnahme und Betreibung sind durchweg Vorteile bei einer elektronischen Kennzeichnung vorhanden, die den Umgang mit dem Baumaterial erleichtern. Die Dokumentationsunterlagen sind leichter und schneller zugänglich, Nachbestellungen sind schneller und sicherer durchzuführen.

ren. Dazu können Planzeichnungen und Montageanleitungen mit aufgenommen werden, die auf der Baustelle notwendig sind.

Messmöglichkeiten: Darüber hinaus können auf elektronischem Weg Temperatur- und Feuchtemessungen vorgenommen werden (Feuchtesensor), um Schäden aufzuspüren oder zu vermeiden. Es ist dabei zu unterscheiden, ob man bei diesen Abdichtungsbahnen eine Materialfeuchte misst oder die Konstruktionsfeuchte. Bislang werden auf herkömmliche Weise an wenigen ausgewählten Stellen auf dem Flachdach Kontrollstationen angebracht und per Hand wird der Wasserstand kontrolliert.

Anbringung eines elektronischen Transponders: An den Abdichtungsbahnen selber kann z.B. jeden laufenden Meter werkseitig ein ID-Transponder angebracht werden, unterseitig oder innen liegend im Material. Bei der Wärmedämmung ist eine Markierung an jeder Platte denkbar, ober- oder unterseitig möglich. Die Dämmung ist später nicht mehr sichtbar. Aufbauten beim Flachdach sind entweder aus Metall oder Kunststoff und können innenseitig markiert werden, geschützt von der äußeren Witterung. Ein Transponder für die gesamte Anlage, mit dem die gesamte Dokumentation verknüpft ist, inklusive Bedien- und Wartungsanleitung, Detailzeichnungen, Artikelnummern, Herstellernachweise u.ä., kann sinnvoller Weise an einer wassergeschützten Stelle angebracht werden. Der seitliche Aufkantungsbereich und die Attika bieten sich hierbei an.

5.4.2 Fallbeispiel 2: Trockenbauwände

In diesem Abschnitt werden Metallständerwände in Trockenbauweise untersucht und die Vor- und Nachteile der klassischen Kennzeichnungsmethoden der RFID- Kennzeichnung gegenüber gestellt. Aspekte wie Baustellenprozesse, Materialqualität, Prüfzeugnisse, Dokumentationen, Kennzeichnungspflichten und Umsetzbarkeit der elektronischen Kennzeichnung werden beschrieben.

Dokumentation: Die untersuchten Firmen sind alles namhafte und große Hersteller von Deutschland. Dementsprechend ausführlich ist die technische Dokumentation. Bei den Kennwerten der Einzelmaterialien wird versucht, solche Daten anzugeben, die für den Einsatz planungstechnisch von Bedeutung sind. Fehlend gegenüber der Norm sind z.B. der Stoßwiderstand, die Schallabsorption oder die Abgabe gefährlicher Substanzen. Die Gesamtkonstruktion Metallständerwand wird von jedem der untersuchten Hersteller in einer Produktbeschreibung mit etwas anderen Kennwerten angegeben. Es werden nur die notwendigsten Daten an den Planer und Kunden gegeben. Es ist das Schalldämmmass und die Brandschutzklasse, bei Einsatz von Wärmedämmung auch die zugehörige Wärmeleitfähigkeitsgruppe.

Für Gipsplatten, Gipsfaserplatten und gesamte Konstruktionen sind entsprechende Produktdatenblätter öffentlich in der Datenbank Internet jederzeit und kostenlos abrufbar. Teilweise sind auch Wärmedämmmaterialien mit Kennwerten in einem Datenblatt beschrieben. Wenn diese beim Gipsprodukt-Hersteller selber fehlen, ist es meist externes Zuliefermaterial.

Markierung am Produkt: Die untersuchten Gipsplatten mit aufkaschierter Dämmung sind an der Kante und der Rückseite per Aufdruck beschriftet (gem. Norm). Bei der Wärmedämmung, meist Mineralwolle, ist i.a. keine Kennzeich-

nung vorhanden. Die einzelnen Metallständer werden von den Herstellern mit einem Farbaufdruck versehen. Alle Markierungen auf den Materialien sind nach dem Einbau nicht mehr sichtbar.

Anlieferung Baustelle: Bei der Anlieferung auf die Baustelle werden generell keine Produktdatenblätter mitgeschickt. Diese Informationen bekommt der Planer oder Kunde direkt per Schriftverkehr zu seiner Baudokumentation. Der Bauleiter erhält dann die Materialinformationen vom Baustoff-Lieferanten und muss diese vor Ort überprüfen.

Kennzeichnungspflicht/Etikettierung: Wie unter den deutschen Herstellern üblich, wird bei den untersuchten Produkten die vorgeschriebene Materialkennzeichnung nach Normung auf dem Seitenrand und der Rückseite der Gipskartonplatten (DIN EN 520) angebracht.

Es sind folgende Werte anzugeben:

- Hersteller und Datum,
- Norm,
- Materialtyp,
- Maße,
- Verwendungszweck,
- CE- Zeichen,
- Brennbarkeit.

Die europäische Zulassung und CE- Kennzeichnung ist Grundlage, um Bauprodukte in den Warenverkehr zu bringen. Da die Mitgliedstaaten im EWR nationale Regelungen für Prüfung und Zulassung haben, kann es durchaus vorkommen, dass eine geringere Materialqualität anzutreffen ist, die dem deutschen Standard oder die dem Bauvorhaben nicht entspricht. Die CE- Kennzeichnung selbst ist noch kein direktes Qualitätsmerkmal oder Qualitätssiegel für Baustoffe (vgl. auch Kap. 5.1 a und e), da manche Firmen unrichtig Produktdaten angeben und so eine Wettbewerbsverzerrung auftritt.

Prüfzeugnis: Die Materialien Gipsplatten, Gipsfaserplatten und Wärmedämmung sind zulassungspflichtig, die Metallständer werden nach DIN gefertigt. Für diese Materialien und Konstruktionen gibt es keine laufende Prüfpflicht. Es ist lediglich ein Prüfmuster zu testen und danach kann der Hersteller laufend produzieren. Bei den Prüfstellen gibt es den Richtwert, bei diesen Trockenbauwänden alle 10 Jahre eine Wiederholungsprüfung durchzuführen. Wenn es für den Hersteller zu teuer ist, macht er die Wiederholungsprüfung nicht mehr. Geprüft wird nach den gültigen Prüfnormen. Das Prüfzeugnis gilt solange, bis sich eine Norm ändert, eine Systemänderung der Firma gewünscht wird oder eine vorgegebene Laufzeit im Zeugnis endet. Die untersuchten deutschen Hersteller sind bestrebt, ihre Zulassungen stets aktuell zu halten. Auf Anforderung werden diese Dokumente bereitgestellt.

Schwierigkeiten bei der Materialprüfung und den Materialeigenschaften: Aus einem Kostendruck heraus wird generell versucht, an Material einzusparen. Die Metallständer werden leichter gemacht, also die Materialdicken reduziert. Dadurch schwingt das Element und das Bauteil insgesamt mehr, was eine Verschlechterung der Schalldämmung bedeutet. Durch die CE- Kennzeich-

nung ergeben sich mehr Freiheiten für den Hersteller, dies verpflichtet ihn jedoch auf eine umfangreichere Kennzeichnung und damit Nachprüfbarkeit. Daraus ergeben sich Chancen für RFID- Systeme. Diese Entwicklung bedeutet auch, dass Bauprodukte auf Schwankungen in den Produktions- Chargen sensibler werden. Es besteht die Gefahr, dass Material eingebaut wird, ohne Einhaltung der geforderten Kennwerte nach Baurecht und angekoppelter deutscher Produktnorm.

Schadensvermeidung bei verdeckten Mängeln: Die Trockenbauwand besteht aus Elementierungen, die wie in einem Puzzle horizontal und vertikal nebeneinander angeordnet sind. Zu angrenzenden Bauteilen wie Außen- und Innenwänden sowie Decken und bei Türen ist ein korrekter Anschlussbereich herzustellen. Gipsplattenelemente und Wärmedämmelemente sind entsprechend richtig zuzuschneiden, Dichtungsstreifen sind formfüllend einzusetzen. Ansonsten entstehen offene und nicht gewollte Fugen, wodurch z.B. die zugesagte Schalldämmung zwischen 2 Räumen nicht eingehalten wird. Bei einem innen liegenden Raumabschluss mit Tapezierung und Farbanstrich sind solche Fugen nicht mehr sichtbar und deshalb bei einer Abnahme schwierig zu bemängeln.

Materialkontrollen beim Bauablauf: Bei größeren Bauvorhaben und im öffentlichen Bereich ist es gängig, Produktdaten und Zulassungen vom Hersteller einzufordern, bei vielen kleineren Bauvorhaben wird dies aber nicht immer praktiziert. Hier kommt am Ende der Baumaßnahme die Bauaufsicht und sammelt alle Nachweise, wenn es zu spät ist und der Bau fertig gestellt. Mängel lassen sich so nicht mehr abstellen und hohe Zusatzkosten entstehen. Unabhängig von der Art, wie ein Produkt gekennzeichnet ist, gut oder schlecht, muss eine Kontrolle für relevantes Material immer erfolgen. Die beste Markierung nützt nichts, wenn bei Anlieferung und Montage die am Bau Beteiligten sich nicht darum kümmern und Kontrollen vernachlässigen. Im Trockenbau sind alle Materialkennzeichnungen im eingebauten Zustand nicht mehr erkennbar. Die elektronische Registrierung mittels Transponder bietet eine Lösung, auf allen Materialien dauerhafte, unsichtbare und zugleich ständig abrufbare Informationen anzubringen. Für die einzelnen Trockenbaukomponenten sind geeignete Transponder und Platzierungen zu wählen, so dass diese bei bauseitigen Zuschnitten nicht stören und möglichst funktionsfähig erhalten bleiben.

5.4.3 Fallbeispiel 3: Natürliche Rauch und Wärmeabzugsgeräte (NRWG)

In diesem Abschnitt werden die Möglichkeiten der Kennzeichnung an natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräte untersucht. Es gibt hierbei Argumente für und gegen eine RFID- Kennzeichnung. Aspekte wie Baustellenprozesse, Materialqualität, Dokumentationen, Kennzeichnungspflichten, Prüfpflichten, Bedienung und Wartung werden beschrieben. Bei den folgenden Betrachtungen sind Systemanbieter, die Herstellung, Planung und Montage und Inbetriebnahme abdecken, sowie reine Komponentenanbieter einzubeziehen.

Dokumentation: Bei der Dokumentation werden von den untersuchten Produkten der Herstellern Informationen oder Datenblätter für das Fenster, den Antrieb und die elektrische Steuerung erstellt. Die angegebenen Kenndaten der Antriebe sind meist elektrische Kennwerte. In der Datenbank Internet sind teilweise für Jedermann diese Daten zugänglich. Die nach Norm vorgeschriebenen Kennwerte erscheinen (bis auf den Temperatureinsatzbereich) nicht in Daten-

blättern. Diese Werte sind in der Anlagenbemessung und Zulassung enthalten und werden beim konkreten Projekt auf Anforderung herausgegeben.

Markierung am Produkt: Auf den Materialien selber ist für die Vielzahl der geforderten technischen Kennwerte kein Platz, um sie anzugeben. An den Antrieben, den Auslöseeinheiten, Steuerzentralen und Fensterelementen findet man keine Angaben dazu.

Kennzeichnung von Lichtkuppeln: Derzeit gibt es Markierungen auf Lichtkuppeln und Aufsatzkränzen mit Farbaufdruck per Stempel, innenseitig. Für den Kunden ist das nicht leicht erkennbar, die Kuppeln sind oft nicht direkt zugänglich. Es werden dabei typische Daten angegeben, die die Herstellung betreffen, wie z.B. Artikelnummer, Chargennummer, Datum, Herstellwerk.

Anlieferung Baustelle: Auf die Baustelle mitgeliefert werden nach Aussage der Hersteller keine Datenblätter. Der Bezug zu Kenndaten und der Zulassung erfolgt ausschließlich separat per Schriftverkehr zum Planer oder Kunden. Bei Anlieferung erfolgt mit der Verpackungsetikettierung im Wesentlichen ein Bezug zum Hersteller, zu den Abmessungen und zur konkreten Baustelle. Sämtliche Verpackungen werden i.a. bei der Verwendung des Materials entsorgt (im günstigen Fall fachgerecht recycelt oder zum Baustellenmüll). Eine Kontrolle von Qualitätsmerkmalen ist also in der Phase der Anlieferung derzeit kaum möglich.

Kennzeichnungspflicht/Etikettierung:

Ein NRW ist gemäß Norm wie folgt zu kennzeichnen:

- Name oder Warenzeichen des Lieferanten und/oder Herstellers,
- Typ und Modell,
- Herstellungsjahr,
- Technische Kenngrößen der äußeren Energiequelle,
- Temperatur der thermischen Auslöseeinrichtung,
- Aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche,
- Klassen für Windlast, Schneelast, niedrige Umgebungstemperatur, Zuverlässigkeit, Wärmebeständigkeit,
- Normbezeichnung und Jahr der europäischen Norm,
- Nur geeignet für den Wandeinbau in Verbindung mit einer windrichtungsabhängigen Steuereinrichtung,
- Bereich des Einbauwinkels zur Horizontalen,
- NRW mit Doppelfunktion, sofern zutreffend,

Diese Angaben müssen nicht am Produkt angebracht sein, eine Aufnahme in den Begleitdokumenten ist ausreichend und auch der übliche Weg.

Prüfpflicht: Nach DIN 18232- 2 (Rauch- u- Wärmefreihaltung, Bemessung, Anforderungen und Einbau) sind in regelmäßigen Zeitabständen nach Angabe des Herstellers, mindestens jedoch einmal jährlich, die Rauchabzugsanlagen zu prü-

fen, zu warten und gegebenenfalls instand zu setzen. Es sind alle Bestandteile wie die Betätigungs- und Steuerelemente, die Öffnungsaggregate, die Energiezuleitungen und das Zubehör mit einzubeziehen.

Wartung: Nach DIN EN 12101- 2 sind vom Hersteller oder dem Lieferanten genaue Angaben zu machen über:

- a) die Inspektion und das Wartungsverfahren,
- b) die empfohlene Häufigkeit von Betriebsüberprüfungen und
- c) die empfohlenen Überprüfungen auf Korrosion.

(Siehe Kapitel 10.3.4, Angaben für die Wartung)

Nach VDE 0833- 1 sind die RWA- Anlagen nach Herstellerangabe, mindestens jedoch einmal jährlich zu prüfen.

Bedien- und Wartungsanleitung: Innerhalb der Dokumentation einer RWA-Anlage werden Bedien- und Wartungsanleitung zusammengestellt. Dort sind alle Planungs- und Prüfdaten enthalten. Im Betrieb der Anlage werden diese Unterlagen bei der Gebäudeleittechnik oder dem verantwortlichen Hausmeister verwahrt.

Positionierung der Transponder: Einen zentralen Transponder für die gesamte Anlage kann z.B. an der Notstromsteuereinrichtung angebracht werden. Ansonsten sind diese an Antriebsmotor, Brand- /Rauchmelder, RWA- Taster und Fenster ohne Probleme zu befestigen. Bei werksseitiger Bestückung kann dies auch unsichtbar erfolgen, jeweils im Innenbereich der Bauteile. Es gibt Firmen in diesem Produktbereich, die sich vorstellen können, in Zukunft möglichst alle produzierten Artikel zu markieren. Derzeit wird noch mit kostengünstigen Barcodesystemen gearbeitet, später sollen, bei ausgereifter Technik, elektronische Systeme zum Einsatz kommen.

Neue Lösungsansätze: Bisher werden auf dem Markt Einzellösungen angeboten, bei der sich jeder Hersteller oder Lieferant die Komponenten selber zusammensetzt (Antriebe, Steuereinheiten, Rauch- und Brandmelder, Kabel, etc.). In der Qualitätssicherung das gesamte Bauvorhaben in einem System zu steuern, von Anfang bis Ende, wäre mit Hilfe der RFID-Technik möglich. D.h. jede beteiligte Firma bei solch einer baulichen Anlage wird die für ihn relevanten Informationen über die Produkt-ID zur elektronischen Bauakte hinzufügen. Dies wird in Kap. 5.6 und 6.4 erläutert.

Nutzen der Kennzeichnung: Hauptnutznier sind die Systemanbieter von NRW, z.B. wegen Rückverfolgung von Zuliefermaterial. Es ist dann nachzuvollziehen, woher die Materialien kommen, aus welchem Werk und welchem Land. Bei einer Rückrufaktion können auf diesem Weg Fertigungsfehlern beim Zulieferer ausfindig gemacht werden. Auch in der Wartung stehen für Funktionsprüfungen alle technischen Daten zur Verfügung. Und nicht zuletzt bekommt der Anlagenbetreiber eine vollständigere und schneller zur Verfügung stehende Dokumentation, ein erhöhtes Qualitätsmanagement und eine größere Sicherheit in den Daten zu Materialqualität und Lebensdauer.

Hauptschwierigkeiten: Bei NRWGs liegen die hauptsächlich Schwierigkeiten hinsichtlich Qualitätssicherung in der Koordination der einzelnen Fachfirmen untereinander (Lüftung, Brandmeldung, Sonnenschutz, Gebäudeleittechnik GLT), der mangelnden Wartung des Kunden sowie der Systemverträglichkeit der einzelnen Komponenten. Das Problem der mangelnden Materialqualität ist hier untergeordneter, darf aber nicht vernachlässigt werden. Denn schließlich soll eine Lebensdauer der einzelnen Komponenten erreicht werden, die nicht nur den Gewährleistungszeitraum abdeckt, sondern weitaus darüber. Somit ist eine konkrete Kennzeichnung mittels Transponder an allen relevanten Bauteilen sinnvoll. Gerade Antrieb, Steuerschalter und Notstromsteuereinheit können schnell identifiziert und Plagiate aufgespürt werden.

5.5 Alleinstellungsmerkmale RFID

Gegenüber anderen Kennzeichnungsmethoden weist die RFID- Technologie somit folgende Alleinstellungsmerkmale auf:

1. Aufgrund der Luftschnittstelle ist kein direkter Sichtkontakt notwendig.
2. Auf dem Transponder können neben der ID auch zusätzlich Daten hinterlegt werden.
3. Die hinterlegten Daten können über den Lebensweg ergänzt, gelöscht oder mit Berechtigungen verknüpft werden.

Der Vorteil der Produkt- Kennzeichnung mittels RFID im Vergleich zur klassischen Kennzeichnung (Elektrolytische Beschriftung, Etikettierung, Barcodierung, Farbsignierung, Laserkennzeichnung, Prägeverfahren oder Druckverfahren) liegt zweifelsfrei in der Möglichkeit der zusätzlichen Datenspeicherung sowie in der jederzeit möglichen berührungslosen Auslesung der Daten ohne Sichtkontakt. Es ist keine optische Verbindung zwischen Lesegerät und Etikett nötig. An welcher Stelle der Anlagenkomponente sich der Tag befindet ist somit zweitrangig. Die Gefahr, dass oberflächennah eingebrachte Daten (Prägen, Gravieren, Drucken, Ritzen) durch mechanische Bauteilbeanspruchung verloren gehen, kann ausgeschlossen werden. Besondere Anforderungen an genormte Höhen- und Breitenverhältnisse, wie z. B. beim Barcode, zur Lesbarkeit der Daten entfallen.

Weiterhin besteht bei Auto- ID- Systemen die Möglichkeit Branchen- und firmenspezifische Code- Strukturen für eine weltweit eindeutige Produkt- Identifikation aufzubauen. Die Company- Codes werden zur Vermeidung von Mehrfachbelegungen von speziellen Vergabestellen verwaltet, welche sich für die jeweiligen Branchen etabliert haben (Bild 41).

Vergabestellen für Company-Codes, interne Datenlimitation und Sektor Adressen und komplette Liste der „Issuing Agencies“ und Codes (IAC's) siehe Internet: www2.nen.nl/getfile?docName=196579	“IAC” Code	Company Identification Code, typische Struktur	Produkt-Code typisch nach ISO22742	Transport-code nach ISO15459	RF ISO/IEC alle Frequenzen 18000 Part 2-7 EPC-Bit zur Zeit nur Part 6c		Produkt- & Transport-Code nicht limitiert auf numerisch
			BC&RFID	BC&RFID	Bit 1 AFI	Bit 0 EPC	
CEFIC-Chemischen Industrie, Zulieferer	QC	4an, KNOX	<20an	<20an	JA		X
DUN-Dun&Bradstreet, alle Branchen	UN	9n, 123456789	<20an	<20an	JA		X
GS1, Konsum-orientiert	0-9	7an, 4034567	fix 5-stellig	fix 9-stellig	NEIN	X	NEIN
EDIFICE-Elektronikindustrie, Zulieferer	LE	3an, IBM	<20an	<20an	JA		X
EHIBCC-Gesundheitswesen, Medizintechnik	LH	4an, MEDI	<13an	<20an	JA		X
ODETTE-Automobilindustrie, Zulieferer	OD	4an, A2B3	an	an	JA		X
UPU-Universal Postal Union, Transport usw.	J	6an, D000001	an	<20an	JA		X

Der IAC-Code der Vergabestelle erscheint nach dem Datenidentifikator (siehe ISO/IEC-Standards 15459 und 15418).

Bild 41:

Branchenübergreifende Übersicht der firmenbezogenen Code-Strukturen, Vergleich der Normenkonformität der Datenstrukturen [24].

5.6 Mehrwert durch elektronische Kennzeichnung

Materialverwechslungen ausschließen: Bei heutigen Materialanlieferungen werden Verpackungseinheiten nacheinander angeliefert und eine einzelne Palette oft nicht mehr separat erfasst. Bei einer elektronischen Kennzeichnung besteht die Möglichkeit, jede einzelne Bauplatte zu markieren und dementsprechend auf der Baustelle eine genauere und sichere Überprüfung vorzunehmen. Damit sind Materialverwechslungen nahezu auszuschließen.

Recycling, Verwertung: Hinsichtlich Umweltverträglichkeit können Angaben gemacht werden, wie die Abgabe gefährlicher Substanzen, ob es sich bereits um wiederverwertetes Material handelt oder welche anderen chemischen Substanzen im Material enthalten sind. Die Art der Entsorgung oder des Recyclings kann darauf hin gewählt werden. Diese Angaben sind dann zukünftig zwingend von jedem Hersteller anzugeben. Hierzu siehe auch die Ausführungen im Projekt „IntelliBau“, TU Dresden.

Präventiver Charakter: Durch Einführung einer in allen Bauprozessen verfügbaren Kennzeichnung am Produkt wissen alle Beteiligten um die stärkere Rückverfolgbarkeit. Hierdurch wird eine Abschreckung vor Manipulationen erzielt. Gerade der Faktor Montage und Ausführungsqualität spielen eine große Rolle für die Bauqualität. Erst bei Ausführung von korrekten Anschlüssen kann ein einwandfreier Endzustand erreicht werden.

Sichtweise der am Bau Beteiligten: Die am Bau Beteiligten wie Hersteller, Bauherr, Architekt und Monteur haben alle etwas unterschiedliche Interessen. Der Hersteller ist bestrebt, Qualitätsware zu einem möglichst hohen Preis zu verkaufen, die leichter den Gewährleistungszeitraum unbeschadet übersteht. Der Bauherr will ein hochwertiges Produkt zu einem möglichst günstigen Preis und einer sehr langen Lebensdauer. Der Architekt hat einen vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen einzuhalten, damit eine mängelfreie Leistung entsteht und damit der Kunde zufrieden ist und seine Rechnungen zahlt. Der Monteur will in kurzer Zeit seine Arbeit mängelfrei abliefern, damit es bei der Abnahme zu kei-

nen Nachbesserungen kommt. Alle diese Beteiligten sind darauf angewiesen, dass die Materialqualität von Bauprodukten den anerkannten Regeln der Bautechnik entspricht. Welche Qualität auf der Baustelle eingebaut wird, liegt in der Verantwortung des Architekten oder der Bauüberwachung allgemein. Das angelieferte Material muss in der Qualitätsstufe sein, dass es alle Anforderungen nach den Regeln erfüllt und zu den Anforderungen am Einsatzort passt, sonst sind Bauschäden vorprogrammiert. Dies ist trivial, jedoch sind in vielen Bereichen genauere Materialkontrollen notwendig und sinnvoll. Doch bei Produkten, die nicht mit einer dauerhaften Markierung zu versehen sind, kann man unmittelbar keine Qualität vor Ort auf der Baustelle feststellen.

6 Kommunikations- und Informationspfade in Bauprozessen

6.1 Beschreibung heutiger Kommunikation in Bauprozessen

In den einzelnen Bauprozessschritten findet man i.a. sehr unterschiedlich strukturierte Kommunikationen. Eine Analyse der Kenndaten zu relevanten Punkten für einen RFID-Technikeinsatz erfolgt exemplarisch für ein Flachdach und eine technische Gebäudeausrüstung in Form einer Regalanlage. Wesentlicher Aspekt ist die Art und Qualität der Kennzahlen, wie diese in den einzelnen Prozessschritten und Kommunikationsebenen vorliegen. Gerade zum Nachweis der bauphysikalischen Qualität (Energie, Raumakustik, Nachhaltigkeit) sind in einer Frühphase schon Festlegungen zu solchen Daten zu treffen, die später transparent nachvollziehbar und prüfbar sein sollen.

In der **Planungsphase** erfolgt die Ausarbeitung einer Konstruktion oder eines Bausystems (auch TGA) normalerweise per CAD-System und Ähnlichem. Für die Übermittlung und Beurteilung einer Ausfertigung innerhalb eines Bauteams werden jedoch meist traditionelle DIN A0-Pausen erstellt und an den Kunden oder die Planungsfirmen geschickt. Auch für die weiteren Gewerke innerhalb eines Bauvorhabens (wie Heizung, Lüftung, Sanitär) werden die Entwürfe, Beschreibungen etc. auf elektronischem Weg mit den Konstrukteuren und den Materialexperten ausgetauscht, damit die Planung entscheidungsreif wird.

Die **Ausschreibung** erfolgt noch sehr stark per klassischem Schriftverkehr als Papierausdruck. Zunehmend ist aber die Tendenz der elektronischen Übermittlung der Daten per Email. Dabei werden die vom AG benötigten Materialien im Hochbau schon sehr genau mit technischen Kenndaten beschrieben, die angeboten werden sollen, siehe z.B. Leistungsverzeichnis (LV) mit Produktempfehlungen in Anhang 14.5.

Beispiele Ausschreibung:

Regalanlage: Die Materialien werden im Leistungstext oftmals Vorgaben gemacht hinsichtlich Festigkeiten, Abmessungen, Menge, Farbe, Materialdicke, etc.

Flachdach: Bei Bitumenbahnen wird vorzugsweise ein spezielles Herstellerprodukt verlangt, Kenndaten sind dabei z.B. Wasserdichtheit, Brandverhalten, Nahtfestigkeit, Scherwiderstand, Zug-, Dehnverhalten, Wasserdampfdurchlässigkeit, statische Belastung, Stabilität, Kaltbiegung.

Bei der **Auftragserteilung** werden alle Vertragsunterlagen per Postversand und Papierausdruck übermittelt, d.h. das Auftragschreiben, LV, alle Zeichnungen (wegen der Unterschrift des AG auf diesen Dokumenten), allgemeine Geschäftsbedingungen, Sicherheitsanweisungen. Zertifizierungen und Datenblätter werden als Ausdruck dazu genommen.

Im weiteren Bauablauf ist bei der **Anlieferung** von Materialien generell ein Lieferschein in Papierform dabei und ggf. weitere Dokumente wie Datenblatt, Montageanleitung, wenn sinnvoll und notwendig. Sind diese Unterlagen bei der Lieferung nicht dabei, werden diese oftmals erst auf Anforderung per Fax oder Email nachgeschickt.

Für die **Erstellung von Gewerken** kommen generell die gesamten Aufstellungs- und Montageunterlagen für das Bauprojekt auf die Baustelle. Es erfolgt eine Einweisung vom Planer zur ausführenden Firma. Anhand der Pläne und Materiallisten wird der Montageablauf mündlich durchgesprochen.

Bei **Abnahme** der Konstruktion werden das Mengengerüst, die Aufstellungsgeometrie und die Ausführungsqualität überprüft. Grundlage hierbei ist die genehmigte und freigegebene Auftragszeichnung (auch Plangenehmigungszeichnung genannt) und das Leistungsverzeichnis. Von allen Beteiligten am Bau wird ein Soll- Ist- Vergleich „per Hand“ gemacht zwischen der realen Aufstellung der baulichen Anlage und der geplanten Konstruktion.

Beispiele Abnahme:

Regalanlage: Die montierten Ständerrahmen werden per Hand abgezählt und mit den Achsen im Grundriss der Zeichnung verglichen. Die über die Höhe montierten Lagerbalken werden ebenfalls per Hand abgezählt und mit dem Plan verglichen. Der Balkenquerschnitt, die Einhängöhe und die Genauigkeit der Aufstellung auf dem Boden werden mit dem Meterstab kontrolliert. Montagetoleranzen wie Schiefstellung der senkrechten Stützen und Spurgenauigkeiten entlang einer Aufstellungslinie werden mit dem Lasergerät festgestellt und protokolliert. Vorgaben nach DIN sind dabei einzuhalten. Materialqualitäten werden bei der Abnahme nur optisch und auf Plausibilität (z.B. Alu oder Stahl) oder über Kennzeichnungen (Etikett, Einprägungen) kontrolliert.

Flachdach: Bei den Zwischenkontrollen während des Einbaus werden prinzipiell die Materialien kontrolliert, also, ob der Konstruktionsaufbau richtig erfolgt und ob z.B. die Abdichtungsbahnen, Wärmedämmungen und Kontrollstationen an der geplanten Stelle eingebaut werden. An einzelnen Bereichen einer Dachkonstruktion, die bei der laufenden Montage nicht überprüft werden, kann nach Fertigstellung der Anlage keine sichere Aussage über Qualität getroffen werden. Der Dachaufbau ist bei Bauende nur bedingt einsehbar, z.B. an Durchdringungen wie Schornsteinöffnungen, Entlüftungsstationen, wo man meist den ganzen Dachaufbauquerschnitt (vor dem Einsetzen der TGA) einsehen kann. Die verbauten Massen, die die Dachgrundfläche betreffen, sind im Allgemeinen gegenüber dem Leistungsverzeichnis mit wenig Änderungen behaftet. Die Masse der Metallverwahrung wird mit Meterstab und Rollmaß genau aufgenommen. Bei Dachaufbauten erfolgt die Abzählung per Hand. Ein Muster- LV und Muster- Abnahmeprotokoll einer Flachdachkonstruktion ist im Kap. 14.5, Anlage 6 exemplarisch dargestellt.

Inbetriebnahme der baulichen Anlage

Allgemeine Mängelbeseitigung:

Nach erfolgter Abnahme wird das Bauvorhaben in Betrieb genommen und letzte Arbeiten sind dabei oft noch in der Ausführung. Die korrekte Ausführung aller Arbeiten, die gemacht wurden und die noch laufen, werden von AG und AN gleichermaßen überwacht. Es wird versucht, möglich alle Rest-Mängel in kurzer Zeit zu beseitigen, so dass es den weiteren Betrieb nicht stört. Dabei zeigt sich manchmal erst bei Benutzung einer Anlage, wo Schwachstellen liegen und ob diese außerhalb der Normanforderungen sind. Als Beispiel sei hier genannt die Schiefstellung von Regalständern, die sich im Betrieb anders verformen, als im leeren Zustand und auch bei einer Mustereinlagerung.

Elementregistrierung:

Prinzipiell sind bauliche Anlagen in einem Grundriss- Raster von Achsen geplant, wie auch über die senkrechte Höhe in Ebenen oder Stockwerken. Kleinere Einheiten wie Zimmer haben Nummerierungen, in der Lagertechnik gibt es Fachebenen und Lagerplätze. Damit lässt sich jede Nutzungseinheit ganz gut beschreiben. Einzelne Elemente wie Wände, Türen oder Fenster sind dagegen noch nicht genau als Einzelbauteil innerhalb eines Gebäudekomplexes identifizierbar (in konventioneller Technik).

Technische Einbauten:

Bei den Ausbaugewerken (Heizung, Lüftung und Sanitär) werden z.B. Lüftungsleitungen und Sprinklereinheiten derzeit mit einem Kennzeichnungssystem versehen (mit Schildern). Durch eine fortlaufende Nummerierung kann damit das entsprechende Bauteil zugeordnet werden.

Nachlieferung:

Der Lieferant hat im Falle einer Mängelbeseitigung entweder Lagerware bereit stehen oder er muss ein neues Produkt/ Bauteil fertigen lassen. Dann ist die Zeit knapp und der Betreiber kann dabei Ausfälle haben in Teilen seiner baulichen Anlage. Oft gibt der Monteur telefonisch die Information, welches Material genau nachbestellt werden muss. Danach gibt der zuständige Projektplaner dieses Material in das zentrale EDV- System (MWS) ein und die Nachfertigung beginnt. Die Nachlieferung wird dann wie ein normaler und separater Materialauftrag in der Hersteller- Logistik abgewickelt. Materialeinkauf, Lieferzeiten und Versand sind hierbei wichtige Faktoren.

Anlagenbetrieb:

Wenn der Betreiber einen Mangel bei einem bestimmten Material feststellt, z.B. im Schadensfall, versucht er zunächst, anhand seiner vorliegenden Kenntnisse der Anlage, eine ausreichende Materialaufnahme davon zu machen. Dabei schaut er in seinen Revisionsunterlagen nach, sollte darin u.a. eine vollständige Materialliste finden und macht sich dann damit eine Aufstellung der benötigten Materialien. Die gibt er per Fax oder per Email an seinen Lieferanten und hofft auf eine schnelle Nachlieferung. Bei Bedarf wird eine Fotodokumentation gemacht, um einen Schaden festzuhalten und auch einwandfrei das korrekte Material zu beschreiben für die Nachbestellung.

6.2 Analyse der Kommunikationswege und deren Vernetzung

Derzeit erfolgt die Kommunikation über folgende Pfade:

- Mündliche, telefonischer Informationsweitergabe über Materialien,
- Faxübertragungen,
- Übermittlung von Zeichnungen per Kurier,
- Email- Verkehr und Internet,
- Materialwirtschaftssystem (MWS).

Nach Auftragserteilung wird das bereits elektronisch erfasste und kalkulierte (geplante) Material in das MWS eingepflegt d.h. Auftragseingabe mit Spezifizierung. Bei der Ausarbeitung einer Konstruktion werden meist zwischen allen Beteiligten ("Bauteam") in Baubesprechungen mündliche Absprachen getroffen, die dann per CAD auf elektronischem Weg in eine Planzeichnung aufgenommen werden. Dann erfolgt eine Verteilung per Email und Planpause. Das geplante Material wird dabei in zeichnerischer Form und in Textform beschrieben. Ein Monteur fordert im Bedarfsfall von der Baustelle mündlich oder telefonisch zusätzliches Material oder zeigt schadhafte Material an. Danach erfolgt z.B. eine Angebotserstellung per Fax oder Email an den Auftraggeber, um eine Freigabe zu bekommen, dann wird das neue Material direkt in das MWS eingepflegt. Aus elektronischen Materialdaten im MWS heraus werden Materiallisten ausgedruckt, sog. Kommissionierlisten, mit denen die Warenauslieferung und Anlieferung auf die Baustelle erfolgt. Damit erfolgt die Wareneingangskontrolle (WE) des Materials am Einsatzort. Bauleiter sowie Montagepersonal sind dafür verantwortlich eingesetzt. Überschaubares Material wie z.B. Fenster, Türen, Stahlträger, Wärmedämmelemente, Ziegelbausteine, Abdichtungsbahnen etc. werden schon bei Anlieferung auf Menge, Artikel, Einsatzort und Beschädigungen kontrolliert. Nicht überschaubares Material wie Kleinteile oder Sonderanfertigungen in entsprechender Verpackung oder größeren Einheiten werden i.d.R. nicht ausreichend beim WE kontrolliert, sondern erst nach der Verteilung auf der Baustelle oder sogar erst bei der direkten Montage. Bei Inbetriebnahme der baulichen Anlage wird u.a. die gültige Materialaufstellung aus dem MWS heraus ausgegeben, auf ausgedruckten Listen und dem Kunden als Revisionsunterlage ausgehändigt. Weitere Hinweise sind in der Tabelle "Kommunikationswege" im Anhang 14.6 dargestellt.

6.3 Schwächen der Kommunikationswege

Telefonische Übermittlungen von neu anzulieferndem Material können schon unzureichend sein, wenn z.B. die Montageausführung für einen Bauabschnitt neues Material anfordert. Ein Planer beurteilt die Baustellensituation eventuell ganz anders. Vom Prinzip her kann eine ausführende Firma nicht die Planungsverantwortung des Hersteller oder der Planungsfirma übernehmen. Hier fehlen Checklisten, wer in welchem Bauprozess welche Befugnisse, Rechte, Pflichten hat, oder welche Maßnahmen bei offensichtlichen Abweichungen vom Sollzustand zu treffen sind. Falsche Materialdatenzuordnung und -nachlieferungen sind folglich eine mögliche Fehlerquelle an der Schnittstelle von Logistik und Bauphysik.

Lieferscheine werden teilweise von Lieferanten per Fax oder Email direkt an den entsprechenden AG geschickt. Ansonsten sind diese Anlieferpapiere auf der

Baustelle an der Ware. Wenn sie verloren gehen oder unleserlich werden, dann ist eine eindeutige Identifikation und Zuordnung des Materials an die Einbaustelle schwer möglich. Nach der Warenkontrolle vor Ort erfolgt die Übersendung der Papiere ins Büro vom AG, der eine Kontrolle mit der späteren zugehörigen Rechnung vornimmt.

Revisionsunterlagen: Wenn der Betreiber im Störfall keine ausreichende Beschreibung des Mangels machen kann, steigt der Aufwand zu dessen Beseitigung. Ein Fachmann muss auf die Baustelle und den genauen Materialbedarf ermitteln. Je besser also die schriftliche Dokumentation gestaltet ist, desto reibungsfreier verläuft der Betrieb einer baulichen Anlage.

6.4 Verbesserungsansätze und Chancen für RFID-Technik

a) Auftragsbearbeitung

Eine denkbare Änderung ist, während der Auftragsabwicklung beim Hersteller den Materialfluss intern leichter zu überwachen. D.h. die Verfolgung von relevanten Materialien bei den Fertigungsprozessen per elektronische Kennzeichnung im eigenen Hause. Das können z.B. Fensterelemente sein, Brandschutztüren, elektronische Bauteilkomponenten oder Betonfertigteile. Bei Verbrauchsmaterialien und Montagehilfsmitteln ist ein elektronischer Transponder auf jedem Teil technisch kaum umsetzbar und derzeit unwirtschaftlich. Sinnvoller ist eine Kennzeichnung des Gebindes oder der Verpackungseinheit wie heute weit verbreitet durch eine Nummer als Aufdruck oder als Barcode und künftig mittels RFID-Tag. Eine direkte Kennzeichnung der Festigkeitsklasse auf einer Schraube gibt es bereits heute.

Denkbar ist ein solches elektronisches Kennzeichnungssystem für kleine und große Firmen mit einer direkten Anbindung an das Materialwirtschaftssystem (MWS) von Produktionsbetrieben. In Materialwirtschaftssystemen wie SAP oder BaaN sind sämtliche Aufträge mit den zugehörigen Materialien erfasst mit den Prozessschritten: Vor-Spezifikation, endgültige Spezifikation, Einkauf Material, Produktionstermin, Montageplanung, Übergabe an Versand, Kommissionierlisten erstellt, Anliefertermin Baustelle bis zur Rechnungsstellung. Eine neue RFID-Kennzeichnung könnte in das bestehende MWS übernommen werden, in einer separaten Maske (Reiter) zum Beispiel und erscheint dann innerhalb einer Auftrags erfassung. Die beteiligten Planer und Abwickler des Auftrages haben damit eine weitere Steuerungs- und Überwachungsmöglichkeit.

Mit einer RFID-Kennzeichnung der produzierten Bauteile sollte auch die Wahrscheinlichkeit sinken, dass ähnliche Bauteile mit anderen Eigenschaften verwechselt werden. Man liest die Informationen auf dem elektronischen Etikett und erhält die relevanten Produktkennzahlen, Baustellen- und Auftragsdaten dazu; somit fallen Unregelmäßigkeiten auf. Die weitere Verladung auf den LKW erfolgt dann mit Auftragsdaten, die vom Hersteller direkt an die Spedition übermittelt werden. Damit sind z.B. Adress- und Materialeingaben, die bisher von Hand neu in das nächste Datenbank- und Logistiksystem eingegeben wurden, nicht mehr notwendig und eine mögliche Fehlerquelle „falsche Lieferung, falscher Einbau“ wäre beseitigt. Solche Chancen für die RFID-Technik sollen in den ARGE-Projekten „RFID-Logistikleitstand“, BU Wuppertal und „IntelliBau-2“, TU Dresden untersucht werden.

Beispiel: Regalanlage (Stahlbau):

In der Lagertechnik macht es keinen Sinn, Materialien während des Auftragsstadiums und während der Fertigungsprozesse elektronisch zu kennzeichnen, sondern erst wenn das Material produziert und versandbereit ist. Eine solche Anlage besteht aus Stahlprofilen, die im Wesentlichen Festigkeitsanforderungen genügen müssen. Sie lassen sich über ihr Querschnittsprofil unterscheiden, weitere bauphysikalische Kennwerte sind nicht relevant. Somit sind diese Materialien einfache Produkte, mit einfachen Herstellungsmethoden die bei Produktionsprozessen keine weitere Kennzeichnung benötigen.

Beispiel: Flachdachkonstruktion:

Bei Bitumenbahnen ist die Kennzeichnung direkt bei der Herstellung sinnvoll, um Verwechslungen nach dem Auspacken zu verhindern. Mit den Transpondern sind sämtliche bauphysikalischen Kennwerte verknüpft, die nach Norm vorgeschrieben sind. Die Anbringung auf einer Bahn kann statistisch verteilt jeden laufenden Meter oder als Beispiel alle 5 bis 10 Meter erfolgen. Die Blechverwahrungen, werden meist vor Ort zugeschnitten und manuell angepasst. Hier ist eine Anbringung eines elektronischen Transponders vor Ort erst nach dem Einbau sinnvoll. Kenndaten wie die Blechdicke und die Farbbeschichtung sind damit überprüfbar.

b) Transport, Wareneingang

Versand mit LKW: Beim Transport mit dem LKW kann zu Schaden gekommenes Material eindeutig identifiziert werden und per Auslesung der Transponderdaten eine Meldung schnell an den Lieferanten erfolgen.

Materialzuordnung: Das angelieferte Material ist auf der Baustelle zunächst auf Vollständigkeit zu prüfen und muss dann an die richtige Einsatzstelle („zur passenden FE“) im Bauvorhaben zugeordnet werden. Bei den bisherigen Materiallisten wird jede einzelne Position kontrolliert auf Menge, Materialtyp, geometrische Abmessungen, Farbausführung. Je größer und umfangreicher das Projekt ist, umso schwieriger ist die Zuordnung.

Umsetzung neuer RFID- Kennzeichnung: Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass die Arbeitsprozesse auf diese neue Kennzeichnung abgestellt werden. Die Möglichkeiten der Warenkontrolle bei Anlieferung und später bei der Abnahme sind den Herstellern, Bauleitern und Monteuren aufzuzeigen. Der Umgang mit der Anbringung des Transponders, dem Lesegerät, der Software, der Auswertung der Transponderdaten und Zusammenfassen aller Baudokumente zur elektronischen Bauakte ist zu schulen.

Solche Möglichkeiten für die RFID-Technik sollen in den kommenden ARGE-Projekten „RFID-Logistikleitstand“, BU Wuppertal und „IntelliBau-2“, TU Dresden untersucht werden.

Beispiel: Regalanlage (Stahlbau):

Auf elektronischem Weg kann das relevante Material am Ende der Fertigung gekennzeichnet werden. Das sind im Wesentlichen die senkrechten Ständerrahmen, die Lagerbalken, Fachböden, Rückwandgitter, Leitplankenprofile und Sonderbauteile. Bei verschiebbaren Anlagen sind darüber hinaus noch die Laufrollen relevant, Verfahrwägen, Antriebsmotoren und die elektrische Steuereinheiten. Kleinmaterialien wie Schrauben, Muttern, Anker, Dübel, Unterleg- und

Ausgleichsbleche können außen vor gelassen werden. Sie werden in großen Stückzahlen auf Paletten angeliefert. Die Anbringung von Transpondern kann an Stellen erfolgen, die noch mit einem handbedienten Lesegerät zu erreichen sind. Dazu ist eine geschützte Stelle zu wählen, um mechanische Beschädigungen durch ein Hubgerät zu vermeiden, das zur Abladung und Verteilung benötigt wird.

Beispiel: Flachdachkonstruktion

Nach erfolgter Anlieferung sind aufgerollte Abdichtungsbahnen an der Baustelle vorhanden. Hier können die Transponder vom zuständigen Bauleiter problemlos ausgelesen werden. Der Soll- Ist- Vergleich zwischen angeliefertem und geplante Material ist vor dem Einbau möglich. Dabei kann jetzt nicht nur ein Produkttyp und die Artikelnummer verglichen werden, sondern alle Materialkennwerte, die für die spätere Bauqualität verantwortlich sind, also Werte wie Wärmestandfestigkeit, Scherfestigkeiten, Alterungsbeständigkeiten, u.ä. . Bei der Wärmedämmung verhält es sich ähnlich, Kennwerte wie Festigkeiten, Wasseraufnahme, Steifigkeit oder Zusammendrückbarkeit sind hier von Bedeutung. Für Dachbauten wie Lichtkuppeln sind Eigenschaften wie Abmessungen, Materialgüte oder die Öffnungsklappe wichtig.

c) Abnahme

Mit elektronisch gekennzeichneten Bauprodukten lassen sich im Abnahmeprozess wesentlich mehr Materialinformationen und –kennwerte überprüfen als bisher. Die Ausführungsqualität als gesamte FE kann zuverlässiger beurteilt werden, was für die Vertragsparteien eine größere Sicherheit im Bauprojekt bedeutet.

Solche Möglichkeiten für die RFID-Technik bei Abnahme und Gebäudebetrieb sollen gemeinsam in den kommenden ARGE-Projekten „Kennzahlen-Sensor-Transponder“ (Fraunhofer), „RFID-Logistikleitstand“ (BU Wuppertal) und „IntelliBau-2“ (TU Dresden) untersucht werden.

Beispiel: Regalanlage (Stahlbau)

Bei Abnahmeprozessen mit der RFID- Technik stehen künftig Materialinformationen wie z.B. Materialdicken, Farbe, Festigkeiten, etc. zur Verfügung, die direkt vom eingebauten Material kommen und nicht nur wie bisher theoretisch in einer Planzeichnung. Momentan geht das nur in sehr beschränktem Maße, weil Materialprüfungen vor Ort sehr aufwendig oder teilweise nicht möglich sind. Eine Materialdickenmessung von Stahl ist vor Ort möglich, es werden auch Belastungstests vorgenommen, aber eine Festigkeitsprüfung auf Zug und Druck ist dagegen nicht machbar. Die Überprüfung solcher Teileeigenschaften vor Ort ist später mit Hilfe der RFID-Technik nicht mehr notwendig, wenn eindeutig diese Kennzahlen aus der Transponder-ID rückverfolgbar zu erkennen ist. Somit ersetzt ein RFID-System das heute notwendige Vertrauen auf den zertifizierten Hersteller und die Gewährleistungsansprüche gegenüber dem Lieferanten.

Beispiel: Flachdachkonstruktion

Alle Informationen über Materialqualitäten, die schon bei der Anlieferung mit einer RFID-Technik erfasst und kontrolliert wurden (siehe b) ergeben den Datensatz für eine Abnahme. Der konventionelle Soll- Ist- Vergleich von Leistungsverzeichnis und Ausführungsplänen mit der gebauten Realität ist bei diesem Gewerke schwierig. Prüfungen der Materialien hinsichtlich Toleranzen und Geradheit sind noch vor Ort messbar, die meisten anderen Kennwerte (Wärme-

standfestigkeit, Scherfestigkeiten, Alterungsbeständigkeiten, trockener Einbau der Dämmung u.a.) sind auf der Baustelle kaum prüfbar. Deshalb sind weitere Daten zum „Lebenslauf“ eines Daches (Wetterdaten, Zeitverläufe, Freigaben usw.), wie im Projekt „IntelliBau“ der TU Dresden vorgeschlagen, zu den bauphysikalischen Daten hinzu zu fügen zur Beurteilung der Ausführungsqualität.

d) Betrieb:

Bei Nachbestellungen, im Störfall, bei Wartungsarbeiten und bei Sicherheitsinspektionen sind genaue Materialkenntnisse für den Betreiber unablässig. Meist hat er dazu sein Benutzer- /Wartungshandbuch klassisch als Papierausdruck zur Hand. Darin enthalten sind Listen, mit denen er Materialien identifizieren kann. Wenn nun ein bestimmtes Bauprodukt nicht mehr produziert wird, hilft eine vorliegende Artikelnummer nicht immer weiter, um das Nachfolgeprodukt zu bemessen und zu bestimmen. Künftig kann mit der RFID-Technik eine Produkt-Nachbestellung auf Basis der ID-Nummer und den vorliegenden Kenndaten in den EPC-Datenbanken erfolgen, die direkt am Produkt für den Betreiber ablesbar sind.

Hinweis: Neuere Möglichkeit der Fernüberwachung im Gebäudebetrieb per Internet sind am Markt und werden derzeit mit Hilfe der EIB-Bustechnik d.h. über verkabelte Messgeräte und WLAN betrieben, siehe Bild 42 [53]. Solche sog. Facility- Server arbeiten mit üblichen Webbrowsern und bieten eine Vielzahl von Auswertemöglichkeiten von Gebäudedaten an (Energieerfassung, Zählerstände, Zustandskontrollen, Lastkurvenanzeige u.a.). In Kombination mit der RFID-Technik d.h. der kabellosen Erfassung von Zustands- oder Ereignisdaten aus Sensor-Transpondern könnten hier rasch Synergien auch für die Nachrüstung im Gebäudebestand entstehen.

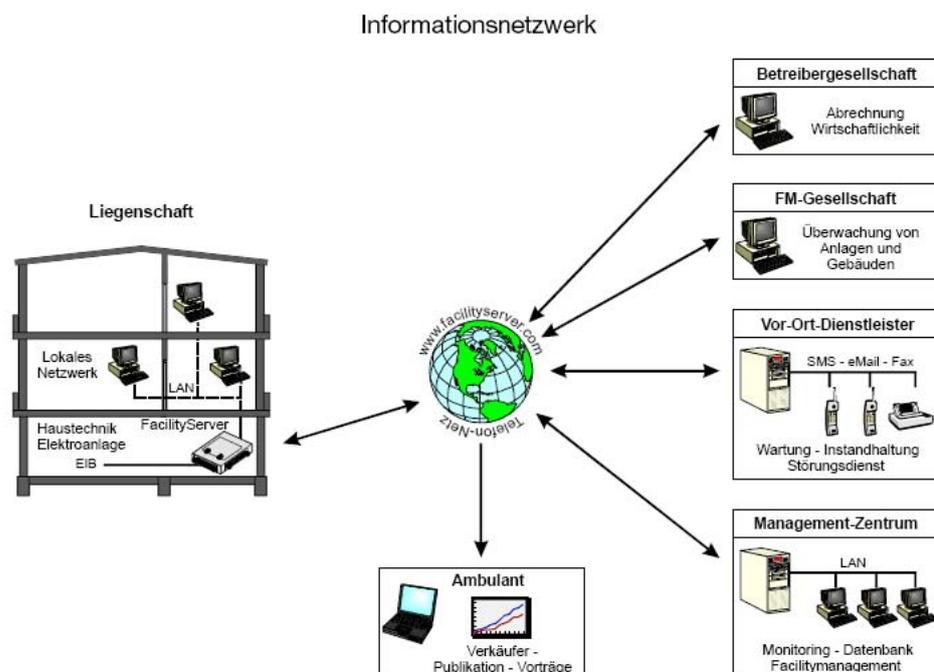


Bild 42:
Beispiel eines Facility-Servers zur Fernübertragung von Gebäudedaten, Fa. RTS Automation, aus [53].

7 Baustellengerechte Benutzerschnittstellen

7.1 Randbedingungen und Anforderungen

Um die Gebrauchstauglichkeit von RFID- Systemen zu gewährleisten, müssen neben den technologischen Anforderungen an die Luftschnittstelle, Transponder und Lesegerät, wie in Kapitel 3 dargestellt, auch besondere Anforderungen an die Mensch- Maschine- Schnittstelle zur Bedienung des Systems erfüllt werden. Insbesondere die Handhabbarkeit unterschiedlicher Lesegeräte und die Wege der Ein- und Ausgabe von Informationen sind von besonderer Bedeutung. Die meisten Störgrößen treten vorwiegend nur während der Bauphase auf. Beeinträchtigungen sind hierbei vor allem zu starke Sonneneinstrahlung (schlechte Lesbarkeit von Displays), Lärm (schlechte Verständlichkeit von Sprachausgaben), Schmutz und Staub sowie eingeschränkte Taktilität durch die persönliche Schutzausrüstung. Dementsprechend muss über geeignete Endgeräte sowie Bedienkonzepte diesen Punkten Rechnung getragen werden. Parallel zu den Untersuchungen in Kapitel 3.4 wurde auf Basis von Standard- RFID- Komponenten ein **baustellengerechtes Kiosk- System** entwickelt.

7.2 Technologieauswahl

Im Gegensatz zu logistischen Daten sind die bauphysikalischen Kenndaten von Bauprodukten wesentlich umfangreicher und komplexer. Daher reichen die Größen der Displays aktuell verfügbarer mobiler Handheld- Geräte mit 2,5 bis 4 Zoll Diagonale für eine übersichtliche Darstellung nicht aus. Als Alternativlösung wurde daher ein Konzept auf Basis eines robusten Tablet- PCs und autarker Lesegeräte entwickelt. Da die Lesegeräte nur für den eigentlichen Datentransfer zuständig sind und daher keine eigene Auswerteelektronik sowie Stromversorgung (außer bei drahtloser Ankopplung) benötigen, sind wesentlich kleinere Baugrößen möglich. Die Gerätegröße bestimmt auch die Antennengröße, von welcher wiederum die erzielbare Lesedistanz abhängt. Kleinere Antennen bedeuten geringere Lesereichweiten, was jedoch im LF- Frequenzband deutlich weniger zum Tragen kommt als im UHF- Band.

Die Ankopplung an den PC erfolgt über Bluetooth, USB oder über die Compact-Flash- Schnittstelle. In Bild 43 und Bild 44 sind einige Beispiele dargestellt. Für den Tablet- PC wurde ein Gerät mit 10,4 Zoll Display- Diagonale, semi- rugged- Gehäuse, kratzfestem Touchscreen sowie Schutzart IP 54 ausgewählt. Laut Herstellerangabe übersteht dies aufgrund der Bauart auch Stürze aus einer Höhe bis 1,2 m unbeschadet. Sowohl Betriebssystem als auch Schnittstellen entsprechen aktuellen PC-Standards. Bild 45 zeigt das Gerät in der praktischen Erprobung.



Bild 43:
Beispiel eines baustellengerechten Industrie- Readers (LF), Fa. Scemtec, Ankkopplung über Bluetooth.

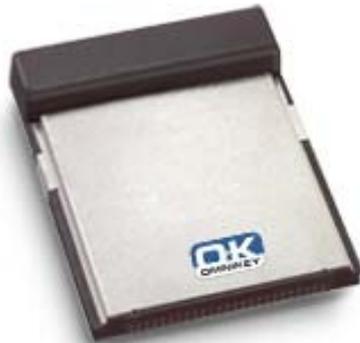


Bild 44:
Beispiele handelsüblicher Standardreader (LF) zur Ankkopplung an PDA oder Tablet- PC, links via CF- Schnittstelle, rechts via USB.



Bild 45:
Baustellgerechter Tablet- PC in der Praxiserprobung für Prozess „Abnahme“ am Demonstrator Glasfassade.

7.3 Entwickelte Prototypen

Als Prototyp für die Erprobung von Kennwerte- Szenarien wurde ein sog. virtueller Baustellen- Kiosk implementiert. Wie in einem realen Kiosk fungiert dieser als lokale Informationsdrehscheibe wo Informationen frei zugänglich sowie überwiegend strukturiert vorliegen, jedoch auch Informationen hinterlegt werden können. Das über Großtasten auf dem Bildschirm des Tablet-PC bedienbare Programm steuert das Lesegerät/ Reader und die Datenströme zum und vom RFID-Transponder. Die Strukturierung und Verarbeitung der Datenströme erfolgt mit MS Excel (Tabellenkalkulation) und MS Access (SQL- Datenbank). Dies hat den Vorteil der einfachen Skalierbarkeit von einer lokalen zu standortübergreifenden Lösungen. Weiterhin erlaubt der Einsatz einer Tabellenkalkulation besonders in der Entwurfsphase eine flexible Gestaltung von Ein- und Ausgabeoberflächen und die Verknüpfung und Bewertung von Kenndaten. Kernpunkt ist der Vergleich von Sollwerten, z.B. aus dem Leistungsverzeichnis, mit den Istwerten des vorliegenden Bauteils. Weiterhin entstehen im Montageprozess aus einzelnen Bauteilen und weiteren Montagehilfsmitteln Gewerke oder sogenannte funktionelle Einheiten mit neuen Eigenschaften und Kennzahlen.

Die Steuerung des Kiosk- Systems erfolgt entweder klassisch per Stift, per Fingerdruck oder über Sprache, was Bedienung und Notizen nicht nur in Schreib-

schrift oder mittels virtueller Tastatur sondern auch per Diktat ermöglicht. Die Datenausgabe kann neben der bereits erwähnten Tabellenkalkulation auch in allen übrigen gängigen Dateiformaten erfolgen. Somit lassen sich in Kennwerte-Tabellen auch Verknüpfungen zu Anleitungen im PDF-Format, zu Videos oder Sounddateien einbinden. Wahlweise kann die Ergebnisausgabe auch per Sprache erfolgen: Textdokumente und wichtige Ereignisse werden vorgelesen. Die Kiosk-Anwendung ist derzeit nur in deutscher Sprache implementiert, jedoch ist die Sprachausgabe von Textdokumenten auch in anderen Sprachen bereits möglich. In Bild 46, Bild 47 und Bild 49 sind für die Kommunikationsschnittstellen Beispiele dargestellt.

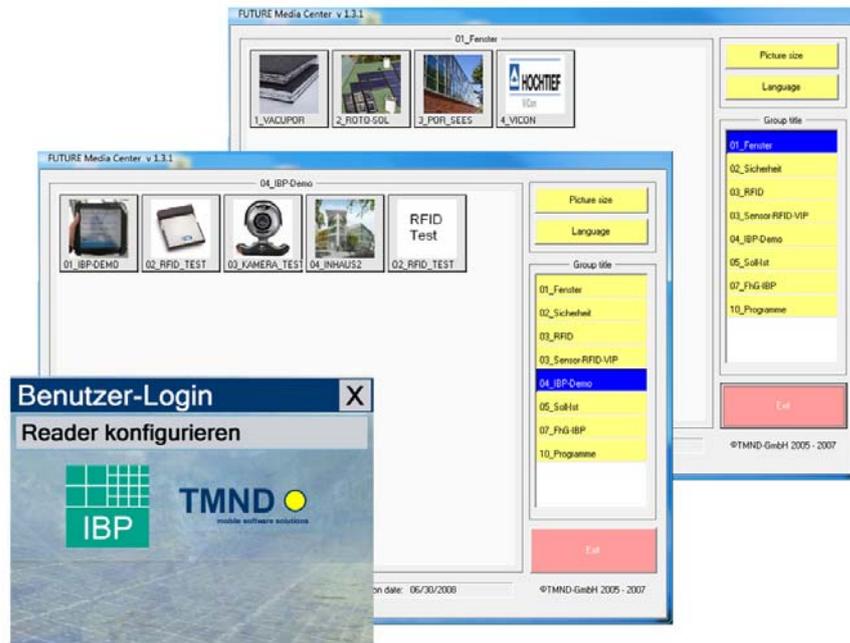


Bild 46:
Handschuhgerechtes Auswahlmenüs mit Großtasten des virtuellen Baustellen-Kiosks auf dem Tablet- PC (Screenshots).



Bild 47:
Demonstration der Sprachsteuerung an einem Fassadenelement.

Mit Start der Anwendung erfolgt zunächst eine automatische Konfiguration des verwendeten Lesegerätes und im Anschluss eine Registrierung des Benutzers. Somit sind alle nachfolgenden Arbeitsschritte eindeutig einer Person zuordenbar und nur autorisierte Personen können Prozesse wie z.B. eine Abnahme überhaupt mit dem System durchführen.

Danach gelangt der Anwender ins Menü Prozessauswahl. Im Prototyp sind derzeit die 5 wichtigsten Prozesse definiert (Bild 48). Bei diesen können für Bauteile jeweils die aktuellen Kennwerte abgerufen, ein Soll- Ist- Vergleich durchgeführt oder Kommentare in Schriftform, per Sprache oder Foto hinterlegt werden (Bild 49). Über die ausgelesene ID eines Bauteils werden die verfügbaren Informationen aus der Datenbank geholt und neu hinzugekommene Informationen dort wieder abgelegt. Durch die Prozessauswahl steuert der Anwender, welche Informationen ihm vom System jeweils zur Verfügung gestellt werden sollen.



Bild 48:
Auswahlmenüs für die Benutzeranmeldung, Readerkonfiguration, Verbindungsherstellung und Steuerung der Sprachaus- und Spracheingabe.

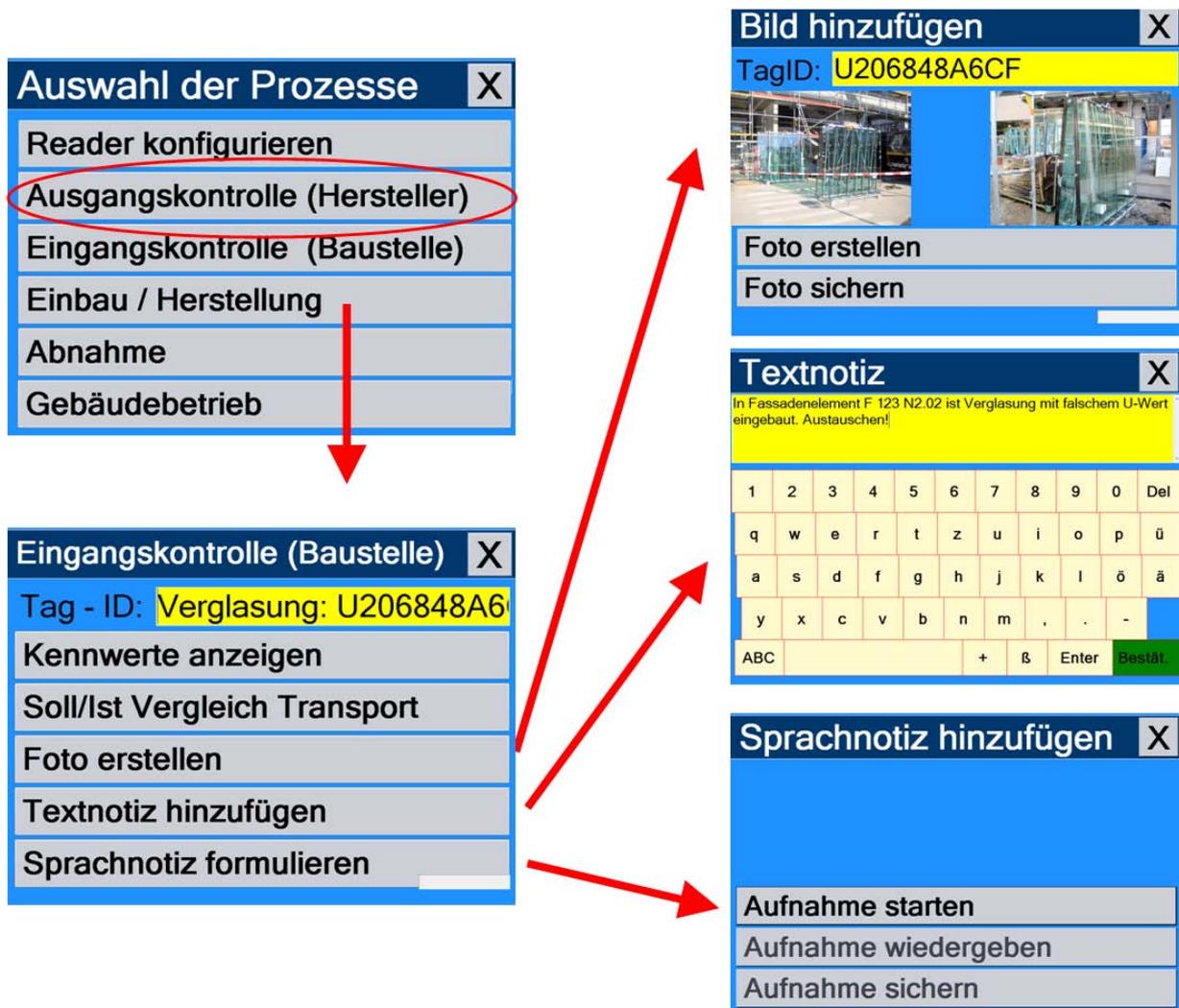


Bild 49:
Übersicht des Menüs Ausgangskontrolle (Hersteller) einschließlich Darstellung der Kommentierungsmöglichkeiten.

Ein wesentlicher Vorteil der elektronischen Kennzeichnung von Bauprodukten ist die Möglichkeit zum automatischen Abgleich eines Produktes mit den Vorgaben. Bei diesem Soll- Ist- Vergleich werden die wesentlichen Kenndaten des auf der Baustelle vorhandenen Bauteils, denen aus dem Bestellprozess oder dem Materialwirtschaftssystem und der Produktions-Planung und -Steuerung gegenüber gestellt. Der virtuelle Baustellenkiosk führt für jeden einzelnen Kennwert einen Vergleich durch und kennzeichnet Übereinstimmungen oder Abweichungen in den Ampelfarben. Je nach definiertem Schwellenwert und Art des Kennwertes werden Abweichungen in gelber oder roter Farbe hervorgehoben. Wahlweise werden rot gekennzeichnete Abweichungen auch explizit vorgelesen. In Bild 50 und Bild 51 sind am Beispiel einer Verglasung beide Fälle dargestellt. Somit können vorhandene Fehler schnell erfasst werden, was vor allem bei der Eingangs- und Ausgangskontrolle von Vorteil ist, da Fehler hier noch ohne großen Aufwand behoben werden können. Mit Weiterverarbeitung des Bauteils setzen sich Abweichungen des Einzelbauteils in die Eigenschaften der funktionellen Einheit fort. Dementsprechend ist ab diesem Zeitpunkt eine Verknüpfung der Kenndaten notwendig. Beispiele hierzu sind in Kapitel 9.1.3

angeführt. Soll- Ist- Vergleiche können mit dem System nicht nur für die bauphysikalischen Kenndaten sondern auch für die wichtigsten Eckpunkte der Versorgungskette durchgeführt werden. Für die Bauphysik sind hierbei besonders Punkte von Interesse, wo dies die Qualität der Bauprodukte beeinflusst. Beispielsweise können dies die zwingende Einhaltung von Transportlagen, maximale Lagerung unter Sonneneinwirkung oder den Schutz vor Frost oder Nässe betreffen (Bild 52).

Verglasung		Tag-ID: UF0406BBEB9		Template		Soll-Ist
62.9						
Verglasung Basisdaten		Einheit	Ist	Soll aus MWS/PPS	AMPEL	
Hersteller			NoName	Eckelt Glas GmbH		
Produktionswerk			Werk 25	-		
Produktionsdatum			27.02.2007	-		
Produktionsbezeichnung			Plagiat 123	DLS Ecklite SC15		
Name der Verglasung			Verglasung mit integriertem Sonnenschutz	Verglasung mit integriertem Sonnenschutz		
Vorgesehener Einbauort			BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.02, Pos. N 2.41	BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.05, Pos. N 2.26		
Glasaufbau						
Beschichtung Pos. 1			-	-		
Glasart außen			SECURIT ESG	SECURIT ESG		
Glasdicke außen		mm	6	6		
Folie außen			-	-		
Beschichtung Pos. 2			-	-		
Gasfüllung SZR außen			Luft	Argon 95 %		
SZR außen			30	30		
Beschichtung Pos. 3			low E 0,05	low E 0,05		
Glasart mitte			Wärmeschutzglas, Kanten fein geschliffen	Wärmeschutzglas, Kanten fein geschliffen		
Glasdicke mitte		mm	6	6		
Folie mitte			-	-		
Beschichtung Pos. 4			-	-		
Gasfüllung SZR innen			-	-		
SZR innen			-	-		
Beschichtung Pos. 5			-	-		
Glasart innen			-	-		
Glasdicke innen		mm	-	-		
Folie innen			-	-		
Beschichtung Pos. 6			-	-		
Technische Daten		Norm	Alternativverfahren	Einheit		
Emissivität En	DIN EN 410			%	5	5
Tageslichttransmissionsgrad	DIN EN 410			%	77	77
Gesamtenergiedurchlassgrad	DIN EN 410	kalori-metrisch		%	60 (ohne Jalousie), 15 (Jalousie)	60 (ohne Jalousie), 15 (Jalousie)
Lichtreflexionsgrad außen	DIN EN 410			%	-	-
Farbwiedergabeindex	DIN EN 410			-	-	-
Energieabsorption	DIN EN 410			%	-	-
Wärmedurchgangskoeffizient	DIN EN 673	DIN EN 674, 675		W/m²K	1,5	1,2
Schalldämm Maß	DIN EN 20140-3	DIN 52210-3		dB	-	-

Bild 50: Screenshot eines Soll- Ist- Vergleichs für eine Verglasung mit fehlerhaften Kennwerten nachdem diese über den Transponder aus der Datenbank ausgelesen wurden.

Verglasung		Tag-ID: U206848A6CF		Template		Soll-Ist
62,9						
Verglasung Basisdaten		Einheit	Ist	Soll aus	MWS/PPS	AMPEL
Hersteller			Eckelt Glas GmbH		Eckelt Glas GmbH	
Produktionswerk			AT-Steyr Werk 1		---	
Produktionsdatum			25.02.2007		KW 50 2006	
Produktionsbezeichnung			DLS Ecklite SC15		DLS Ecklite SC15	
Name der Verglasung			Verglasung mit integriertem Sonnenschutz		Verglasung mit integriertem Sonnenschutz	
Vorgesehener Einbauort			BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.02, Pos. N 2.41		BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.02, Pos. N 2.41	
Glasaufbau						
Beschichtung Pos. 1			-		-	
Glasart außen			SECURIT ESG		SECURIT ESG	
Glasdicke außen		mm	6		6	
Folie außen			-		-	
Beschichtung Pos. 2			-		-	
Gasfüllung SZR außen			Argon 95 %		Argon 95 %	
SZR außen			30		30	
Beschichtung Pos. 3			low E 0,05		low E 0,05	
Glasart mitte			Wärmeschutzglas, Kanten fein geschliffen		Wärmeschutzglas, Kanten fein geschliffen	
Glasdicke mitte		mm	6		6	
Folie mitte			-		-	
Beschichtung Pos. 4			-		-	
Gasfüllung SZR innen			-		-	
SZR innen			-		-	
Beschichtung Pos. 5			-		-	
Glasart innen			-		-	
Glasdicke innen		mm	-		-	
Folie innen			-		-	
Beschichtung Pos. 6			-		-	
Technische Daten		Norm	Alternativverfahren	Einheit		
Emissivität En		DIN EN 410		%	5	5
Tageslichttransmissionsgrad		DIN EN 410		%	77	77
Gesamtenergiedurchlassgra		DIN EN 410	kalori-metrisch	%	60 (ohne Jalousie), 15 (Jalousie)	60 (ohne Jalousie), 15 (Jalousie)
Lichtreflexionsgrad außen		DIN EN 410		%	-	-
Farbwiedergabeindex		DIN EN 410		-	-	-

Bild 51: Screenshot eines Soll- Ist- Vergleichs für eine Verglasung mit einwandfreien Kennwerten nachdem diese über den Transponder aus der Datenbank ausgelesen wurden.

Warenausgang		Tag-ID: U206848A6CF					
Basisdaten			Ist	Soll aus	MWS/PPS	Abweichung	Hinweis
Zugehörig zu Kommissionsnummer			E-32168		32168		
Kommission vollständig			vollständig		vollständig		
Lieferdatum Ausgang			02.12.2007		02.12.2007		
voraussichtliche Transportdauer			2		2		
Lieferdatum Eingang			04.12.2007		04.12.2007		
Kenn-Daten							
Transportlage			stehend		stehend		
besondere Transportanforderungen			Lamelle gerafft		Lamelle gerafft		
Gewicht der Lieferung			70		70		
Abmessungen der Lieferung			1,5 * 1,0 * 0,1		1,3 * 1,0 * 0,1		
Sichtkontrolle			in Ordnung		in Ordnung		
Anmerkungen			---		---		
Sonstiges							

Bild 52: Screenshot von Transportdaten einer Verglasung nachdem diese über den Transponder aus der Datenbank ausgelesen wurden.

Die Vorgehensweise zur Definition einer funktionellen Einheit ist in Bild 53 dargestellt. Sowohl hierbei, als auch bei der anschließenden Bewertung der funktionellen Einheit bietet das System Unterstützung. Über jede ID einer Komponente kann eine funktionelle Einheit identifiziert und aufgerufen werden. Dies bietet gleichzeitig auch einen Schutz für den Fall, dass ein Transponder ausfallen würde. Auch hier sind analog zur Bauteilebene grundlegende Menüpunkte verfügbar (Bild 54). Zum einen lassen sich die vorhandenen Kennwerte auflisten, zum anderen kann eine Übersicht für alle Komponenten der funktionellen Einheit angezeigt werden. Die Darstellung des Ergebnisses aus dem Soll- Ist- Ver-

gleich der Einzelkomponenten erfolgt dabei in übersichtlicher Kurzform (Bild 55). Ergänzend lassen sich z.B. während der Abnahme erste Handlungsanweisungen per Kurzkomentar direkt in der Maske gleich festlegen.



Bild 53:
Darstellung der Menüführung für den Prozess Einbau/Herstellung (= Fügen einer funktionellen Einheit FE).

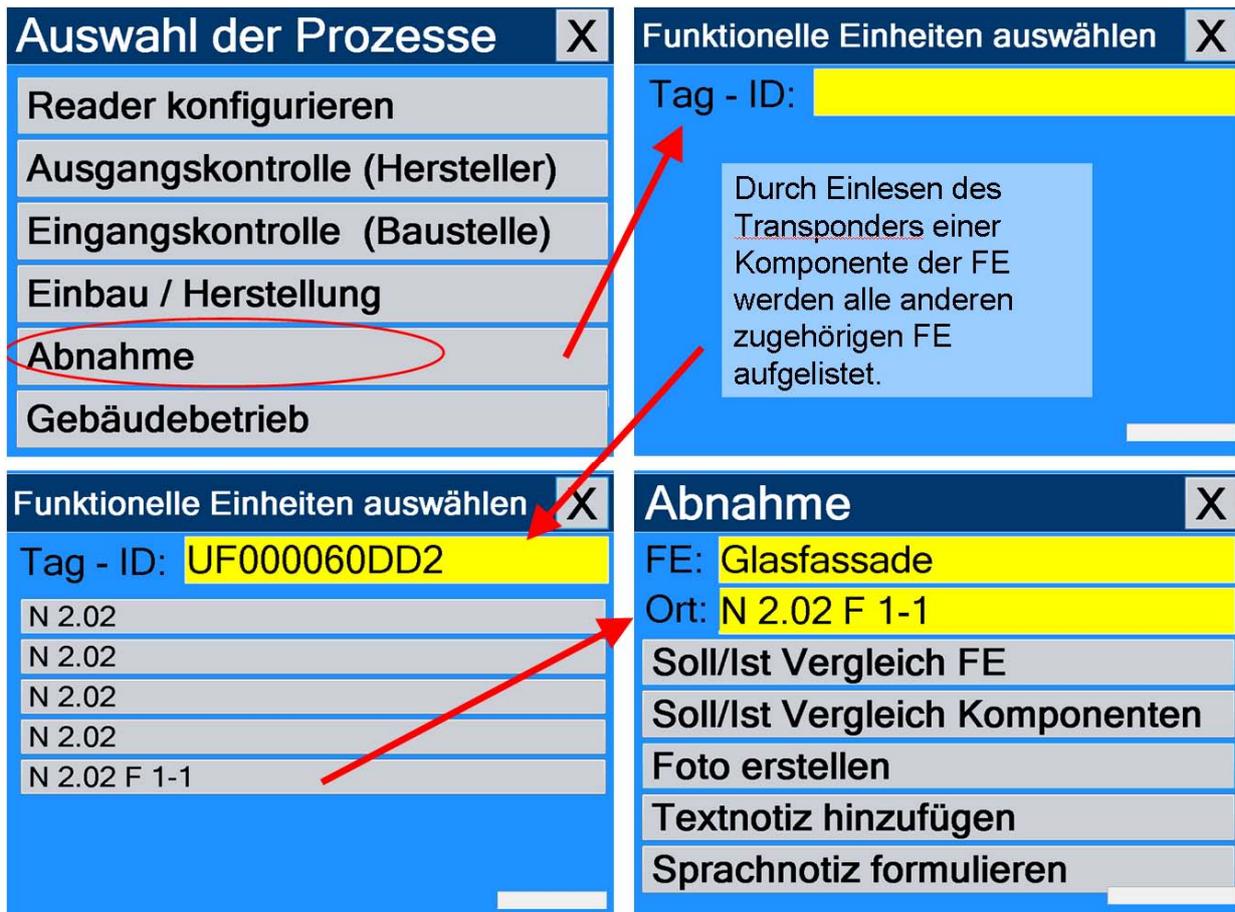


Bild 54:
Darstellung der Menüführung für den Prozess Einbau/Herstellung
(= Fügen einer funktionellen Einheit FE).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Glasfassade N 2.02							
2					Ist	Soll	Prozentuale	Soll-Ist
3	Kenndaten Gesamtfassade				Ausführung	Planung	Abweichung	Ampel
4	Gesamtfläche			m ²	1,436	1,446	-0,7	
5	Fläche Rahmen			m ²	0,330	0,331	-0,3	
6	Glaseinstand			mm	16	14	14,3	
7	Fläche Verglasung			m ²	1,106	1,114	-0,8	
8	U_glass			W/m ² K	1,5	1,2	25,0	
9	U_frame			W/m ² K	1,7	1,7	0,0	
10	Gesamt U-Wert			W/m ² K	1,6	1,4	17,0	
11	g-Wert ohne Sonnenschutz			-	60	60	0,0	
12	g-Wert mit Sonnenschutz			-	15	15	0,0	
13	minimaler g-Wert gesamt			-	46,2	46,3	-0,1	

Abnahme X

FE: Glasfassade

Ort: N 2.02

Soll/Ist Vergleich FE

Soll/Ist Vergleich Komponenten

Foto erstellen

Textnotiz hinzufügen

Sprachnotiz formulieren

Komponentenübersicht der funktionellen Einheit

Komponente:	Tag-ID:	Status	Abweichungen	Maßnahme
Verglasung	UF0406BBEB9	prüfen!	5	noch tolerabel
Sonnenschutz	UF00060DD2	ok	0	keine
Profil	UF0406BBE05	prüfen!	9	Tausch veranlassen

Bild 55: Darstellung der Übersichtsblätter für den Prozess Abnahme.

Über den letzten Menüpunkt „Gebäudebetrieb“ (Bild 93, links oben) erreicht der Anwender weitere Prozesse, die im Rahmen des Facility Managements benötigt werden. Diese Menüpunkte werden in Kapitel 10.4.2 direkt am Beispiel einer Wohnungs Lüftungsanlage erläutert.

8 Strategien für Datenhaltung und Datenmanagement

8.1 Grundsätzliche Überlegungen

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, mit einer Transponder- ID Daten zu verknüpfen:

- a) Die Daten werden direkt im Speicher des Transponders zusätzlich zu den EPC- Daten (Bild 56) abgelegt. Der Vorteil liegt darin, dass die Daten unmittelbar vom Bauteil ausgelesen werden können auch wenn beispielsweise keine Funkanbindung zum Internet besteht. Nachteilig sind momentan der begrenzte Speicherplatz (Bild 57) sowie die relativ langsame Lese- und Schreibgeschwindigkeit. Außerdem besteht die Gefahr eines Ausfalls des Transponderspeichers, so dass die Daten verloren wären. Für ein Backup sowie eine Vernetzung wird also dennoch eine Anbindung an externe Quellen über Funk benötigt.

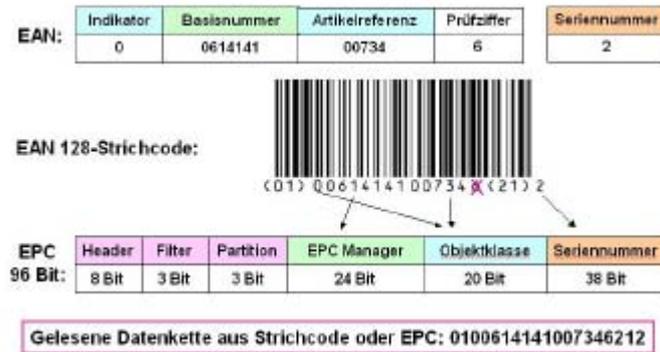


Bild 56:
Darstellung der Datenkette im EAN- Strichcode und EPC- 96 bit Speicher nach Tag Data Standard V 1.1, aus [31].

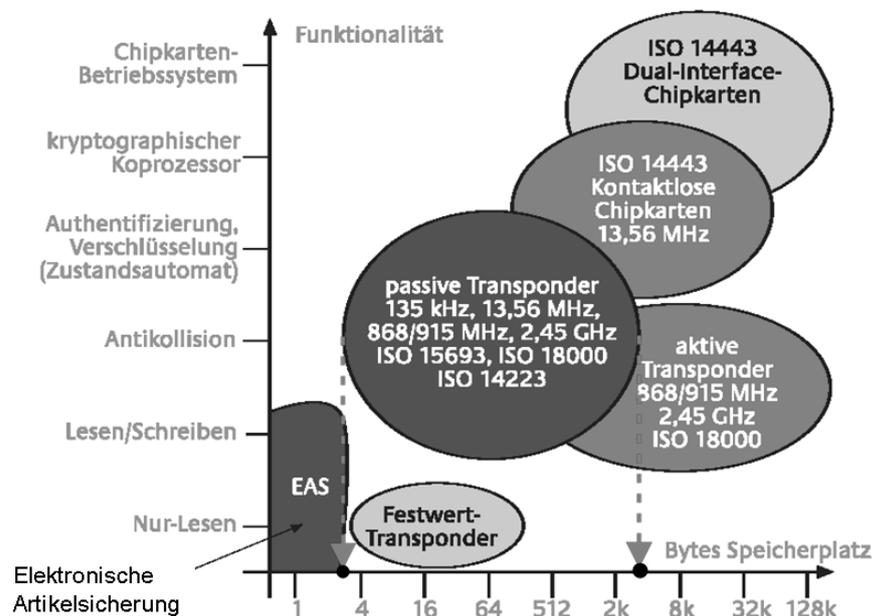


Bild 57:
Speicherkapazität von passiven Transpondern im Vergleich [27].

- b) Die Daten werden über eine lokale Anwendung, z.B. den in Kapitel 7.3 vorgestellten virtuellen Baustellenkiosk, aus unterschiedlichen Quellen bezogen. Quellen sind Datenbanken von Herstellern, Datenpools von Architekten, Bauherren oder Fachplanern. Ab gewissen Größenordnungen kann die Aufgabe nicht mehr durch lokale Anwendungen alleine gelöst werden, so dass die Zwischenschaltung von speziellen Datendreh scheiben nach dem Modell des EPC- IS (Electronic Product Code – Information Service, [31]) erforderlich wird. Diese arbeiten auf Basis eines Adressierungsmodells dem sog. ONS (Object Name Service) analog zum DNS zur Adressierung von Webseiten im Internet (siehe Bild 58). Da kommerzielle ONS sich momentan überwiegend im Aufbaustadium befinden, ist eine Einbeziehung in das Projekt erst in Phase 2 möglich. Ein Vorteil des Ansatzes b) ist, dass kostengünstigere Transponder und Lesegeräte zur Anwendung kommen können.

Da hinsichtlich einer Vernetzung der Daten sowieso eine Anbindung ins Internet benötigt wird, entsteht hier kein wesentlicher Mehraufwand.

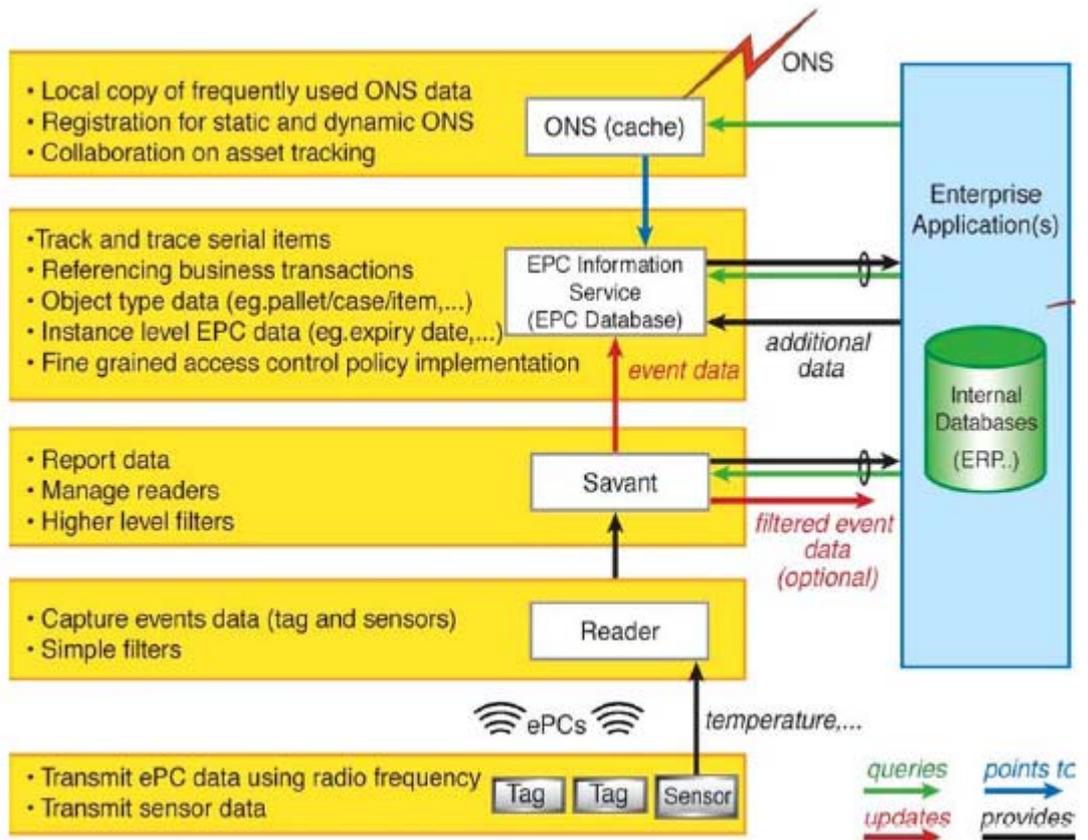


Bild 58:
Prinzip der EPC- Architektur, Quelle: EPC Global [31].

Da aktuell sowohl im Bereich der mobilen Lesetechnik sowie bei Schnittstellen und Middleware rasche und zahlreiche Parallelentwicklungen erfolgen, werden im Projekt für den Datenfluss möglichst einfache und standardisierte Schnittstellen sowie Datenformate angestrebt. Weiterhin muss insbesondere bei Variante a) gewährleistet sein, dass Transponder- Daten auch nach Jahrzehnten ausgelesen und die Datenformate problemlos in dann verfügbare Applikationen übernommen werden können. Bislang bewährt haben sich bei anderen Speichermedien einfache Zeichenketten im ASCII- Format, für z.B. die Transponder-ID, und matrizenförmig vorliegende Werte als C S V (comma separated values) für z.B. Daten aus Sensor- Transpondern.

Somit wird im Projekt von der Hinterlegung zusätzlicher komplexerer Datensätze, z.B. konkrete Produktdatenblätter direkt im Transponder abgesehen, da hier längerfristig Inkompatibilitäten mit zukünftigen Lesegeräten sowie Applikationen zu erwarten sind. Zudem muss über längere Zeiträume auch mit (Teil-) Datenverlusten gerechnet werden, so dass die Daten in jedem Fall redundant auf einem weiteren Medium abzulegen wären. Wesentlich einfacher ist es, die ID des Transponders als link auf entsprechende Web- Services und Datenbanken einzusetzen und dort die gewünschten Daten vorzuhalten. Dies hat den Vorteil, dass diese - bei Bedarf und sofern gewollt - weiter ergänzt und aktualisiert werden können.

Ein zweiter Anknüpfungspunkt ist das Datenaustauschprotokoll EDIFACT, ein Standard für elektronische Daten im Geschäftsverkehr [31]. Dieser Standard ist sehr umfangreich und besitzt daher sog. Subsets, die von spezifischen Branchen eingesetzt werden. Hierbei gibt es auch ein spezielles Subset „EDIBDB“, das bereits im Baustoffhandel eingeführt ist. Ein mögliches Szenario könnte so aussehen, dass Wareneingänge und Soll- Ist- Vergleiche auf der Baustelle mit einem mobilen Endgerät durchgeführt und mittels einer automatisch generierte EDIFACT- Nachricht abgenommen und protokolliert werden. Bei einer Fehllieferung z.B. würde direkt eine Reklamation an den Lieferanten generiert und gesendet. Weiteres zur Handhabung von Logistikdaten und den Schnittstellen zwischen den ARGE-Projekten, siehe Bericht zu Teilprojekt „InWeMo“, BU Wuppertal [54].

8.2 Zielgruppen

Hinsichtlich der unterschiedlichen Interessenslagen von am Bau Beteiligten müssen die Szenarien aus unterschiedlichen Perspektiven analysiert werden. Besonders wichtig ist längerfristig die umfassende Darstellung von erzielbaren Nutzen für die einzelnen in der Tabelle 16 angeführten Zielgruppen, was im Rahmen diese Projektes exemplarisch in Kapitel 9 und 10 am Demonstrator „Glasfassade“ und „TGA/ Lüftungsanlage“ erfolgt.

Wesentliche Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Zielgruppen sind:

- a) Zeitpunkt und Zeitfenster, in welchem die Informationen zu einem Produkt oder einer funktionellen Einheit benötigt werden,
- b) Zweck d.h. welche Informationen für wen und wozu benötigt werden. Davon sind direkt die erforderliche Datenqualität, Informationsumfang und Informationstiefe abhängig.

Tabelle 16:
Zielgruppen und Nutzer von RFID- Anwendungen in Bauprozessen.

Erstellungs-/Bauphase: 1 = Bauwerkserstellung bis Bauabnahme,
2 = Nutzung des Bauwerks

Lebenszyklusphasen: 1 = Konzeption, 2 = Planung,
3 = Errichtung,
4 = Vermarktung, 5 = Beschaffung/ Baulogistik,
6 = Betrieb/Nutzung,
7 = Umbau - Umnutzung - Sanierung – Modernisierung,
8 = Leerstand, 9 = Verwertung.

RFID - Nutzer	Zweck / Nutzen aus RFID	Umsetzungsphase	Lebenszyklusphase
Hersteller	Verknüpfung von Produktionsdaten zur „Digitalen Anlagenakte“ (Material, Leistung, Einbau, Wartung, Besonderheiten, Garantie), Kundenbindung über lenkbare Ersatzteilbestellung, Gewährleistungsverfolgung der Anlagenteile, Arbeitserleichterung für „Dokumentationsbeauftragten“	1, 2	5
Spediteur	Waren- Liefer- Verfolgung (Tracking, Lieferavis), Nachweis von Transportqualität mit Sensor –RFID (Lage, Beschleunigung, Innendruck)	1	5
Ausführende Gewerke / Ausbaufirmen	Eingangskontrolle, Plagiatausschluss, Hilfestellung bei der Verarbeitung / Montage durch digitale Herstellerhinweise, schnellere Abnahme, Leistungs- und Qualitätsnachweis	1	3, 7
Folgegewerke	Leichtere Zwischenabnahme / Mängelrüge, Hilfestellung bei der Verarbeitung / Montage durch digitale Herstellerhinweise	1	3, 7
Generalunternehmer GU / Generalübernehmer GÜ	Einfache Leistungskontrolle u. Baufortschrittsüberwachung, flexiblere Abnahmemöglichkeit nicht mehr zugänglicher Bauteile, aufwandsreduziertes Mängelmanagement	1	3, 7
Architekt / Fachplaner	Siehe GU und: Dokumentation Grundlagenermittlung für AG- Schutz und Eigenschutz in Form von Protokollen – Plänen –Pflichtenheft (Klären Aufgabe TGA – Thermodynamische Funktionen – Parameter – unabdingbare Forderungen), einfache Baufortschrittsüberwachung / Leistungskontrolle / Objektüberwachung / Objektbetreuung während der Errichtungsphase, flexible Abnahmemöglichkeit nicht mehr zugänglicher Teile (Zeitersparnis), vereinfachte Kontrolle bei alternativen Ausführungsvarianten	1,2	1, 2, 3, 7
Bauherr	Dokumentation des tatsächlichen Ausführungszustandes und der Bauqualität, Soll –Ist Vergleich, bessere längerfristige Verfügbarkeit der Daten über DGA (digitale Gebäudeakte), Gewährleistungsverfolgung der Anlagenteile	1,2	3, 6
Gutachter	Vereinfachte Gutachtenerstellung, erleichterte Prüfbedingungen auch nicht zugänglicher Teile	1	3, 7
Energieversorger	Ortsunabhängige und vereinfachte Verbrauchserfassung	2	6
Betreiber / FM	Ortsunabhängige Objektüberwachung / Objektbetreuung durch webbasierte Daten, direkte Einpflege der Daten in CAFM möglich (vereinfachtes Service- und Ersatzteilmanagement), Digitale Gebäudeakte, vereinfachte Dokumentenübergabe und -übernahme bei Betreiberwechsel, gerichts feste Dokumentation, Betriebsoptimierung und Energiemanagement, Bauteilüberwachung und –instandhaltung, erleichtertes Vertragsmanagement	2	6
Nutzer / Bewohner	Digitale Gebäudeakte, Betriebsoptimierung durch webbasierte Verfügbarkeit der Daten, erleichterte und webbasierte Verbrauchskontrolle	2	6
Wartungsdienst / Kundendienst	Einhaltung und Überwachung gesetzlich und herstellerspezifisch vorgesehener / empfohlener Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, digitale Checklistenaufbereitung	2	6

8.3 Möglichkeiten bei vernetzter Datenhaltung

Eine vernetzte Datenhaltung bietet den Vorteil, dass die Zuständigkeiten für die Datenpflege nach Ihrer Herkunft verteilt werden können. In Bild 59 ist dies am Beispiel eines Fassadenbauteils dargestellt. Bei allen Prozessbeteiligten fallen große Datenmengen an (Bild 60), welche jedoch nur teilweise für den anderen Prozessbeteiligten relevant sind. In anderen Fällen kann es erforderlich sein, unterschiedlichen Prozessbeteiligten die Informationen mit unterschiedlichen Detaillierungsgrad offen zu legen, da ganz unterschiedliche Ziele verfolgt werden (siehe Tabelle 16).

Weiterhin können während und nach der Bauphase Ereignisse auftreten, welche es erforderlich machen, den Informationsumfang temporär zu erweitern. Beispielsweise im Falle einer zweifelhaften Reklamation, hat der Hersteller oder der ausführende Betrieb die Möglichkeit der Transponder- ID zugeordnete Informationen frei zu schalten, welche die einwandfreie Ausführung belegen. Dies kann den Reklamationsprozess ggf. deutlich verkürzen und somit den Forderausgleich beschleunigen. Der Auftraggeber dagegen kann künftig jederzeit nachlesen, ob und dass der Auftragnehmer seine Ausführungen rückverfolgbar dokumentiert hat. Dies dürfte einerseits vor unberechtigten Reklamationen abschrecken, andererseits jedoch auch Ansprüche an den Ausführenden wecken, einen Nachweis über die korrekte Ausführung zu erbringen. Somit können beide Seiten von einer Qualitätssicherung mittels RFID-Technik profitieren.

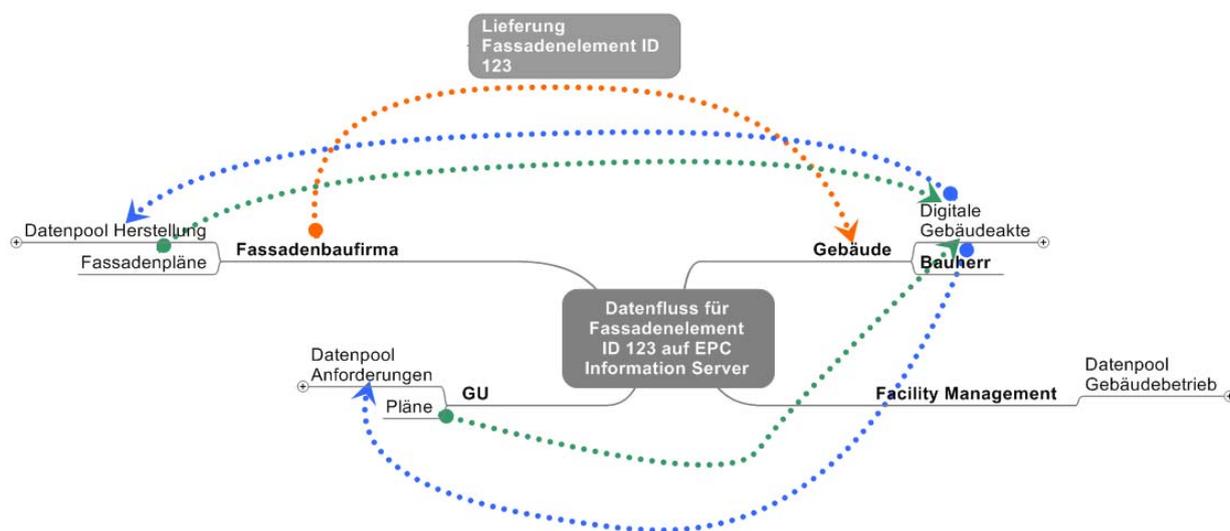


Bild 59:
Datenfluss zwischen unterschiedlichen Prozessbeteiligten am Beispiel
„Lieferung eines Fassadenelements“.

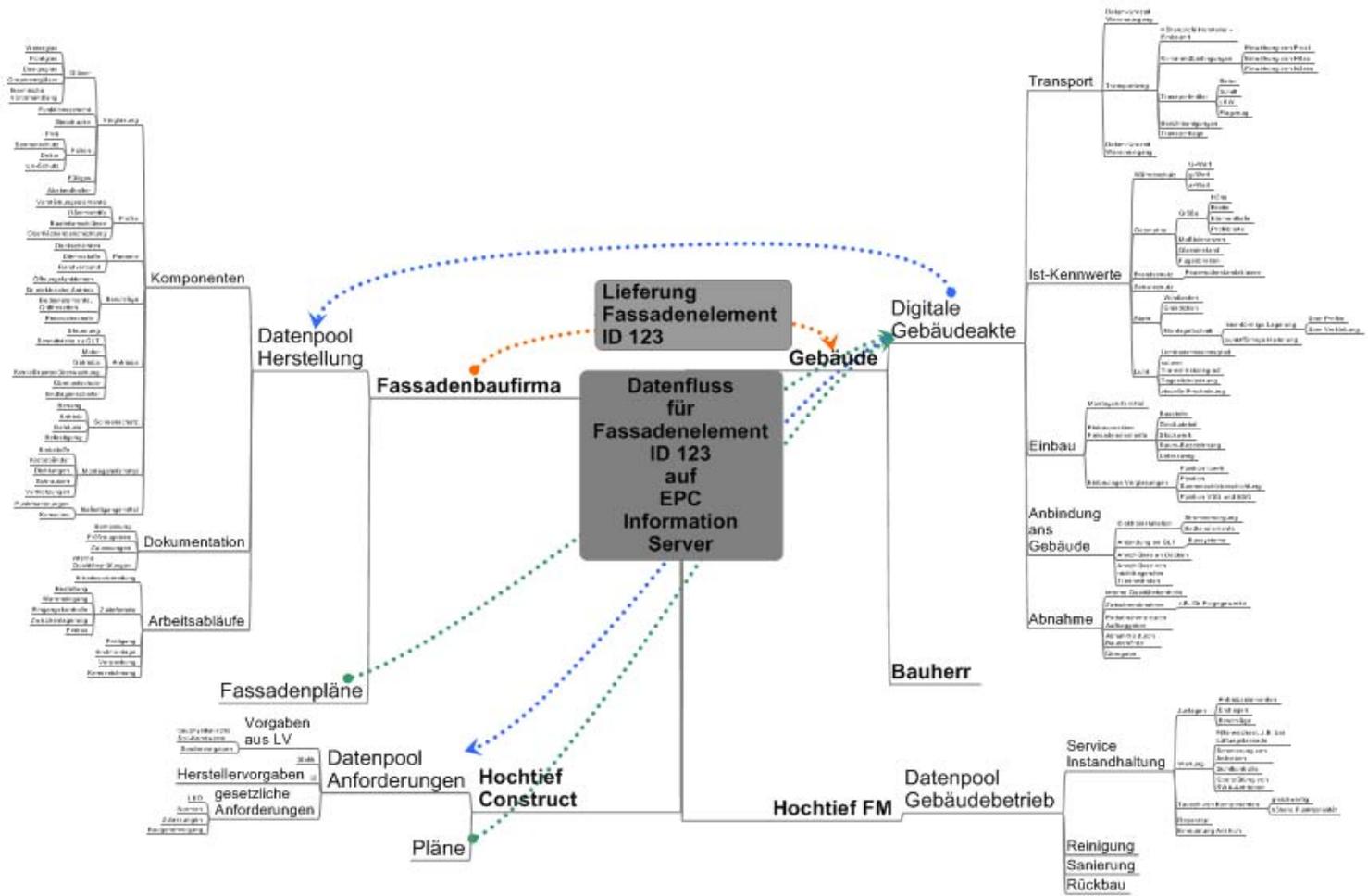


Bild 60:
Darstellung der vorhandenen Datenpools am Beispiel „Lieferung eines Fassadenelements“.

Weiterhin ist eine vernetzte (teil-)zentrale Datenhaltung nahezu die einzige Möglichkeit, allen Prozessbeteiligten über die Bauphasen eine einheitlich aktuelle Datenbasis bereitzustellen. Auch die zukünftig aus den Einzelinformationen je Bauvorhaben erstellte digitale Gebäudeakte muss mit einer automatischen „Updatefunktion“ ausgestattet werden (weiteres siehe Kapitel 8.4). Interessant ist dies insbesondere bei technischen und wartungsrelevanten Komponenten eines Gebäudes. Dies könnte z.B. durch wöchentliche oder monatliche automatische Anfragen bei den einzelnen Datenpools der Prozessbeteiligten erfolgen, was insbesondere für den Gebäudebetrieb neue Serviceangebote ermöglicht. Einige Beispiel sind in Kapitel 10 aufgezeigt.

8.4 Erhöhung der Ausfallsicherheit

Elektronische Speicher bieten auch ohne bewegte Teile wie z.B. bei Festplatten keine 100 % Sicherheit gegen Datenverlust. Kritisch sind, wie in Kapitel 3.1.3 angeführt, insbesondere höhere Temperaturen und Luft- und Materialfeuchten, beides übliche Randbedingungen während der Rohbauphase und bei Anwen-

dungen im Außenbereich. Generell liegen für Transponder derzeit noch keine gesicherten Belege vor, ob diese auch bauübliche Renovierungszyklen von bis zu 50 Jahren problemlos überdauern. Auch wenn der Verlust von gespeicherten Daten im Innenbereich eher unwahrscheinlich ist, sollten für diesen Fall daher Rückfalllösungen vorhanden sein. Im Prinzip sind dies:

- a) Von allen Daten auf dem Transponder wird auf einem anderen Speichermedium eine Sicherungskopie erstellt. Um eine Zuordnung vom Transponder zu dieser Sicherungskopie machen zu können, muss die Transponder-ID in Klarschrift oder per Barcode auf dem Transpondergehäuse aufgebracht sein. Weiterhin muss die Sicherungskopie leicht auffindbar sein, z.B. in einer Datenbank im Internet oder per Suchmaschine.
- b) Der Transponder enthält nur die ID, welche wie unter a) auch auf dem Gehäuse nochmals vorhanden ist. Die restlichen Daten liegen bereits in unterschiedlichen Datenpools (Kapitel 8.1), welche regelmäßig gesichert und ggf. aktualisiert werden. Allerdings haben die Ansätze a) und b) den Nachteil, dass bei verdeckt eingebauten Transpondern die aufgedruckte Back-up-ID meist nicht zerstörungsfrei zugänglich ist.
- c) Gewerke als sog. funktionelle Einheiten (FE) enthalten mehrere Transponder, welche z.B. über den virtuellen Baustellkiosk (Kapitel 7.3) und weitere Back-End-Systeme beim Einbau miteinander verknüpft werden. Dies könnten auch die Koordinaten des Einbauorts aus digitalen Bauwerksplänen oder GPS-Koordinaten sein, die dann mit den hinterlegten Identnummern verknüpft sind. Auch hier besteht aber die Gefahr der Daten-Inkompatibilität über die Jahrzehnte (siehe hierzu auch die Hinweise in den Projekten „IntelliBau“ und „InWeMo“).

Somit entstehen zumindest für die Transponder-ID aller Komponenten redundante Zugänge: durch Einlesen einer beliebigen ID einer „Funktionellen Einheit“ können die IDs und Daten aller übrigen Komponenten erschlossen werden. Die Daten liegen wie unter b) zunächst in verteilten Datenpools. Dies bietet den Vorteil, dass Aktualisierungen, z.B. von SOLLanforderungen oder Produktspezifikationen leicht eingepflegt werden können. Sobald digitale Gebäudeakten verfügbar sind, empfiehlt es sich jedoch dort Wiederherstellungskopien und die Pfade für die Datenquellen für alle funktionellen Einheiten eines Gebäudes auf einem Gebäudeserver zu sichern. Generell muss damit gerechnet werden, dass die Daten in den Datenpools nicht über Jahrzehnte hinweg verfügbar sein werden oder sich die Betreiberstrukturen im Laufe der Zeit ändern.

9 Demonstrator Glasfassade

Zur Validierung im Teilprojekt „Kennzahlen und Bauqualität mit RFID“ wird u.a. exemplarisch am Gewerke Glasfassade der mögliche Nutzen für die Anwendung von ID-Transpondern für unterschiedliche Zielgruppen aufgezeigt. Somit stehen bekannte Problemfelder im erweiterten Bereich Vorhangfassade sowie dafür notwendige Lösungsansätze zur Verbesserung der Bauqualität mit Hilfe von RFID im Vordergrund. Die Erprobung der Lösungsansätze erfolgt zunächst an einem Labormodell und im Anschluss in laufenden Bauvorhaben mit geeigneten Fassadenkonstruktionen. Ziel ist es, für die zum Einsatz kommende RFID-Hardware Anwendungsgrenzen und Verbesserungspotenzial aufzuzeigen, um somit wichtige Impulse und Bedarfseinschätzungen für bauspezifische Hardwareentwicklungen geben zu können.

9.1 Basisuntersuchungen

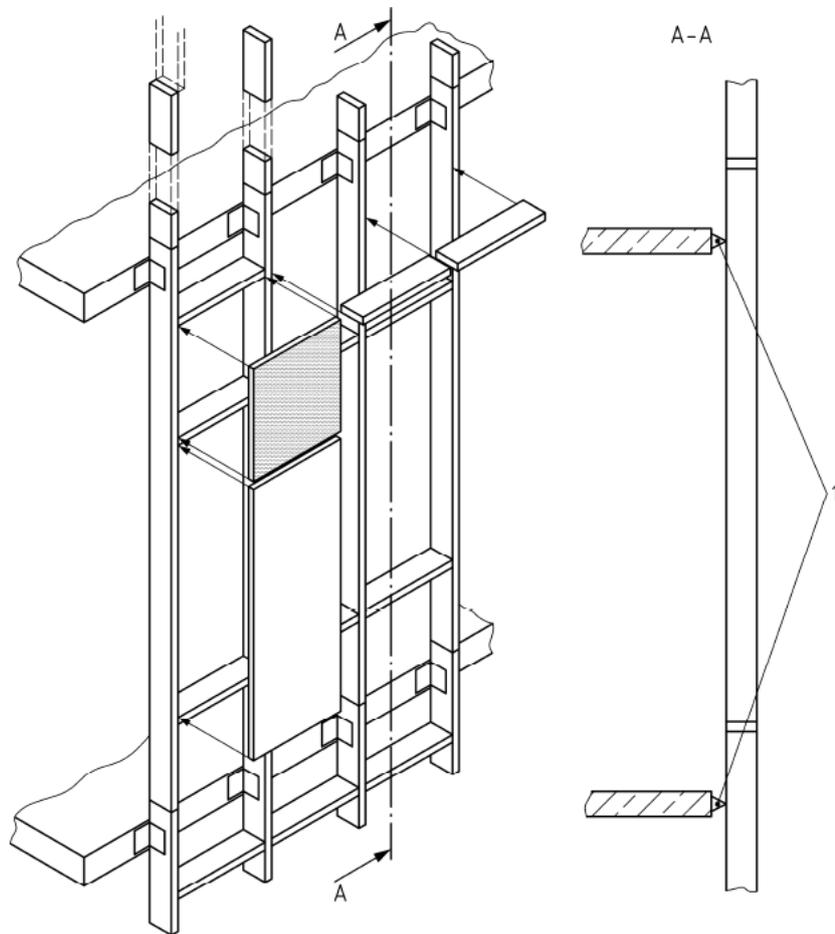
Vorhangfassaden bestehen oft aus verschiedenen Materialien wie Glas, Metalle, Kunststoffe oder Holz, die auf unterschiedliche Weise miteinander verbunden sind und zahlreiche geometrische Formen aufweisen können. In derart komplexen Konstruktionen ist die Wahrscheinlichkeit relativ hoch, dass bei der Erstellung Fehler wie z.B. Wärmebrücken oder Luftundichtheiten innerhalb der Gebäudehülle entstehen. Ausgehend von den prinzipiellen Konstruktionsvarianten, über gesetzliche Anforderungen bis zur Analyse häufiger Fehlerquellen wird die Basis für sinnvolle Ansätze einer elektronischen Produktkennzeichnung bereitet.

9.1.1 Komponenten

Der grundlegende Aufbau von Vorhangfassaden wird in [60] dargestellt: Eine Vorhangfassade besteht in der Regel aus vertikalen und horizontalen, miteinander verbundenen, im Baukörper verankerten und mit Ausfachungen ausgestatteten Bauteilen, die eine leichte, raumumschließende ununterbrochene Hülle bieten. Diese kann selbständig oder in Verbindung mit dem Baukörper alle üblichen Funktionen einer Außenwand erfüllen, wobei sie nicht zu den lastaufnehmenden Eigenschaften des Baukörpers beiträgt. Der bei Fensterbauern gelegentlich benutzte Begriff „Fassade“ ist missverständlich, weil viel umfassender (z.B. Gebäudefassade, Steinfassade etc) und sollte in dem hier gemeinten Zusammenhang nicht benutzt werden.

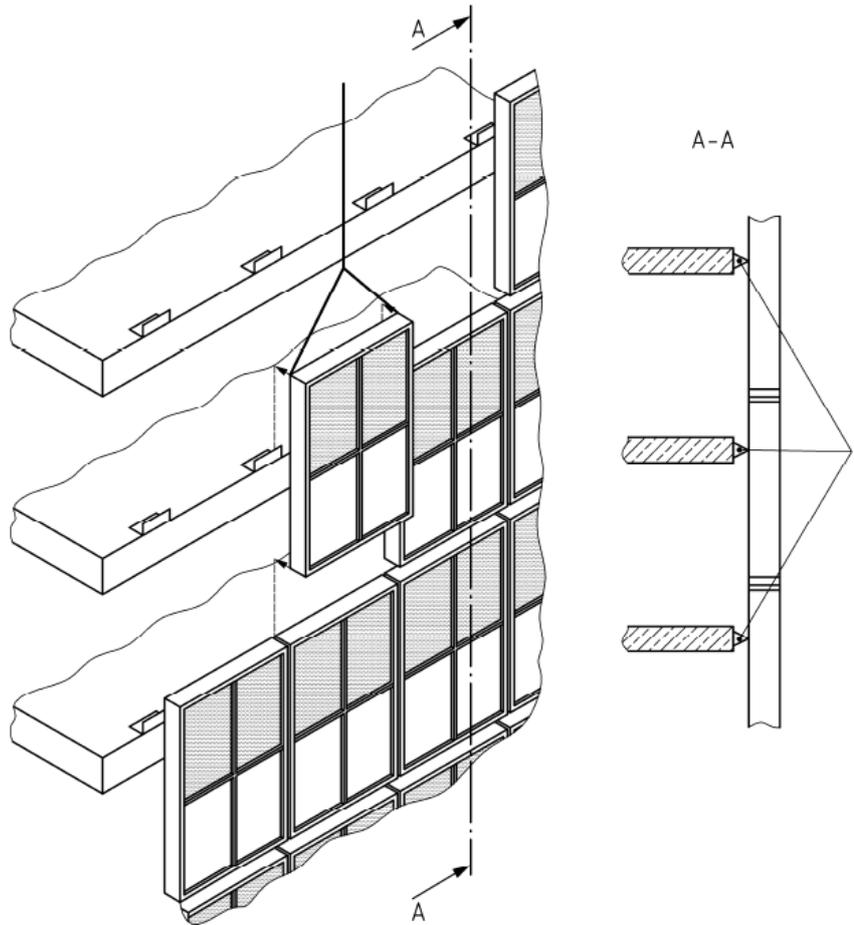
Man unterscheidet bei Vorhangfassaden, die gelegentlich auch als vorgehängte Fassaden bezeichnet werden, zwei Hauptkonstruktionsprinzipien: Bei der Pfosten-Riegel-Konstruktion wird ein leichtes Rahmentragwerk aus auf der Baustelle zusammengefügt Bauteilen mit vorgefertigten durchsichtigen und/oder undurchsichtigen Ausfachungen versehen, während bei der Elementbauweise im Betrieb vormontierte Elemente, die geschosshoch oder mehrgeschossig sein können, einschließlich Ausfachungen eingesetzt werden. Beide Prinzipien sind in Bild 61 und Bild 62 dargestellt. Mit anderen Worten sind Vorhangfassaden großflächige, leichte Bauteile als äußerer Abschluss von Gebäuden, die zahlreiche Funktionen zu erfüllen haben. Im Gegensatz zu einem Fenster oder einer Tür, die im engeren Sinn jeweils ein „Bauteil“ (das in der Regel komplett in einem Betrieb hergestellt wird) darstellen, bezeichnet man (baurechtlich) Vor-

hangfassaden als „Bauart“ und bringt damit das endgültige Zusammenbauen vor Ort, also auf der Baustelle zum Ausdruck.



Legende
1 Befestigungskonsole
A-A Vertikaler Schnitt

Bild 61:
Prinzipdarstellung einer Vorhangfassade in Pfosten- Riegel- Bauweise [59].



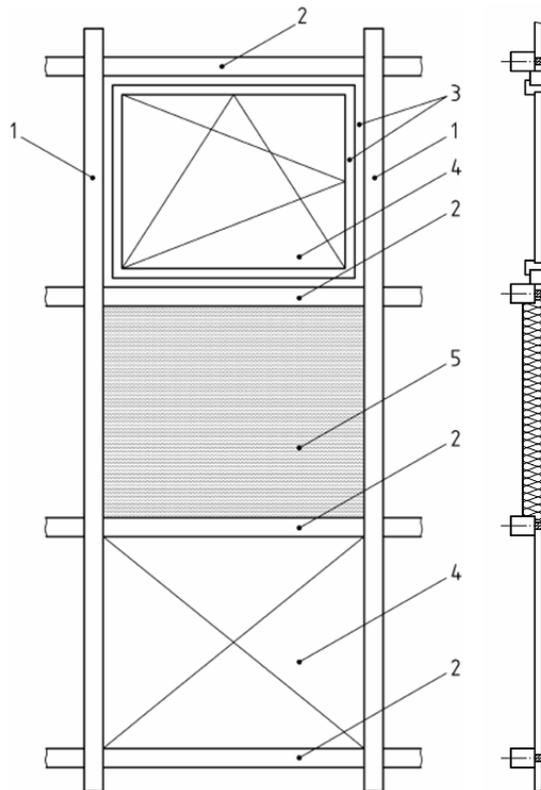
Legende
 1 Befestigungskonsole
 A-A Vertikaler Schnitt

Bild 62:
 Prinzipdarstellung einer Vorhangfassade in Elementbauweise [59].

Eine Vorhangfassade besteht gemäß Bild 63 im Wesentlichen aus 4 Hauptkomponenten:

- Profile (Pfosten, Riegel, feststehende oder bewegliche Rahmen)
- Verglasungen
- Paneele
- Sonnenschutz.

Erst durch das Fügen von Hauptkomponenten in Kombination mit weiteren Montagehilfsmitteln, wie Schrauben, Dämmstoffe, Kleb- und Dichtstoffe entsteht **eine funktionelle Einheit FE** mit individuellen Kennwerten. Beispielsweise hängt der g- Wert einer Fassade mit Sonnenschutz davon ab, ob und mit welchem Abstand dieser außen, innen oder im Scheibenzwischenraum liegend montiert wird.



- Legende**
- 1 Pfosten
 - 2 Riegel
 - 3 feststehender und beweglicher Rahmen
 - 4 Verglasung
 - 5 Paneel

Bild 63:
Wichtige Hauptkomponenten der funktionellen Einheit Glasfassade [59].

9.1.2 Normative und gesetzliche Anforderungen

Für Glasfassaden stellt nach Ablauf der Koexistenzphase im Dezember 2005 die harmonisierte europäische Produktnorm für Vorhangfassaden DIN EN 13830 [58] neben den in Kapitel 5.1 genannten allgemeinen gesetzlichen Anforderungen das zentrale Regelwerk dar. Diese enthält zahlreiche Querverweise auf EN- Prüfnormen und gibt Hinweise zur obligatorischen CE- Kennzeichnung. Aufgrund der in [58] fehlenden Festlegungen zur Klassifizierung und Prüfung des Brandschutzes ist in Deutschland derzeit noch der entsprechende Nachweis nach LBO für Vorhangfassaden im Rahmen einer allg. bauaufsichtlichen Zulassung zu führen (BRL B Teil 1, Ziff. 1.8.4, [40]).

In DIN EN 13947 [59] wird ein Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Vorhangfassaden festgelegt. Diese Norm darf jedoch nicht dazu angewendet werden, die Wahrscheinlichkeit der Tauwasserbildung auf den Oberflächen des Bauwerks oder innerhalb des Bauwerkes zu bestimmen. Die messtechnische Prüfung nach EN ISO 12567- 1 ist eine Alternative zu diesem Berechnungsverfahren. Die Berechnung der thermischen Wirkungen der Anschlüsse zwischen Vorhangfassade und Tragwerk sowie der dazu verwendeten Verbindungsmittel kann nach EN ISO 10211 erfolgen. Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Rahmens U_f wird nach EN ISO 10077- 2 oder EN 12412- 2 in Verbindung mit Anhang A bestimmt. Der Wärmedurchgangskoeffizient

der Verglasung U_g , der die Randeinflüsse nicht berücksichtigt, wird nach EN 673, EN 674 oder EN 675 definiert. Die thermische Wechselwirkung zwischen Rahmen und Füllung ist im längen-bezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten Ψ , der mit den in EN ISO 10077- 2 festgelegten Verfahren abgeleitet wird, zu berücksichtigen. Während die Anforderungen je nach Lage, Gestaltung, Funktion eines Gebäudes vom Planer zu ermitteln und in der Leistungsbeschreibung niederzulegen sind, können diese Anforderungen durch Eigenschaften und Merkmale, die Bauteile oder Bauarten haben, umgesetzt und erfüllt werden [60]. Die Leistungsanforderungen an Vorhangfassaden mit CE- Kennzeichnung sind in der Produktnorm im Anhang ZA gemäß nachstehender Tabelle angeführt:

Tabelle 17:
Leistungsanforderungen an Vorhangfassaden, aus [58], Tab. ZA.1.

Produkt: Montagesätze für Vorhangfassaden		Bestimmungsgemäßer Anwendungszweck: Siehe Anwendungsbereich dieser Norm	
Wesentliche Merkmale	Abschnitt mit Anforderungen in dieser Norm	Stufen und/oder Klassen und Leistungsdarstellung	
Brandverhalten	4.9	Klassen A1 bis F	
Feuerwiderstand	4.8	Klassen in prEN 13501-2	
Brandausbreitung	4.10	–	
Schlagregendichtheit	4.5	technische Klassen	
Widerstand gegen Eigenlast	4.2	kN	
Widerstand gegen Windlast	4.1	kN/m ²	
Stoßfestigkeit	4.3	technische Klassen	
Temperaturwechselbeständigkeit	4.15	Glasart	
Widerstand gegen Horizontallasten	4.17	kN	
Luftdurchlässigkeit	4.4	technische Klassen	
Wasserdampfdurchlässigkeit ^a	4.12	–	
Wärmedurchgang	4.7	W x m ⁻² x K ⁻¹	
Luftschalldämmung	4.6	dB	
Dauerhaftigkeit ^a	4.11	–	

^a ANMERKUNG Für diese Merkmale gibt es keine speziellen Leistungsdarstellungen, jedoch führt die Übereinstimmung mit den entsprechenden Anforderungsabschnitten zu der Annahme, dass Übereinstimmung mit diesem Anhang besteht. Aus diesem Grund ist keine Begleitinformation zur CE-Kennzeichnung erforderlich.

Diese Eigenschaften müssen nicht notwendigerweise alle in jedem Land und bei jeder Vorhangfassade umgesetzt werden. Falls bestimmte Merkmale in einem Land nicht gesetzlich oder bauaufsichtlich geregelt sind, sind Nachweise dieser Merkmale nicht erforderlich. Allerdings können auch darüber hinaus gehende Anforderungen bestehen. Dies ist in Deutschland z.B. bei Nachweisen für das Klemmprofil und die T- Verbindung von Rahmenteilen bei Pfosten- Riegel- Konstruktionen der Fall. In Deutschland sind für eine Vorhangfassade in der Regel mindestens folgende Merkmale nachzuweisen:

- Brandschutz (mind. normal entflammbare Baustoffe, Feuerwiderstand)
- Schlagregendichtheit,
- Widerstand gegen Windlast,

- Luftdurchlässigkeit,
- Wärmedurchgang,
- ggf. Schallschutz.

Diese Eigenschaften sind in der Produktnorm und bezüglich Prüfung und Klassifizierung in den mit geltenden Normen zu Leistungsanforderungen oder in Normen zu Prüf- und Berechnungsverfahren beschrieben. Deren Zahl ist mit 15 wesentlich kleiner als in der Produktnorm für Fenster und Außentüren [60]. Nach Abschluss der Produktionskontrolle sind der Begleitdokumentation die Kennzeichnung und die Beschilderung beizufügen. Die Bauteile der Vorhangsfassade selbst müssen nach Norm nicht einzeln gekennzeichnet werden. Die Lieferdokumente müssen eine genaue Produktbeschreibung mit den folgenden Angaben enthalten:

- Name oder Kennzeichen des Herstellers,
- Klassifizierung der Merkmale der Vorhangsfassade,
- Jahr der Herstellung.

9.1.3 Kennwerte

Eine Übersicht unterschiedlicher Informationscluster eines Fassadenelements ist in Bild 64 gegeben. Die gesetzlich geforderten Leistungsanforderungen gemäß Tabelle 17 stellen somit nur einen Ausschnitt des Gesamtbedarfs dar.

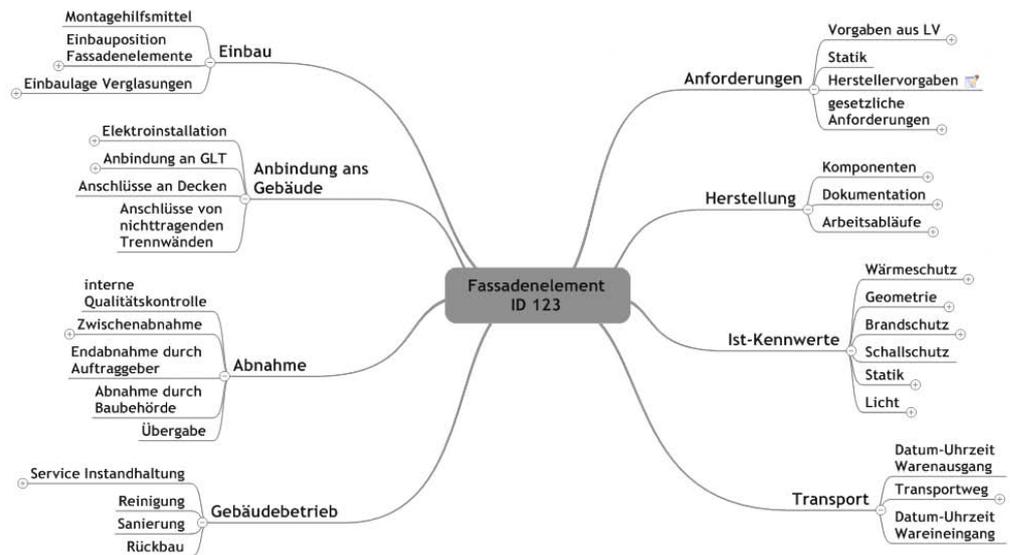


Bild 64: Unterschiedliche Informations- Kategorien am Beispiel eines Fassadenelements.

Die Kennwerte von funktionellen Einheiten hängen nicht nur von den Kennwerten der Einzelkomponenten ab, sondern auch von Geometrie (Flächenanteile, relative Lage zueinander, Einbausituation etc.), und den Kennwerten benachbarter Bauteile sowie der Ausbildung der Anschlussstellen untereinander. Dies wird im Folgenden anhand zweier Beispiele erläutert.

Beispiel A: Berechnung Gesamt U-Wert Pfosten-Riegel-Fassade

In Gl. (1) ist dargestellt, wie über eine Gewichtung von Einzelflächen oder Einzellängen der U_{cw} -Wert einer Vorhangfassade aus den wärmetechnischen Kennwerten der Einzelkomponenten ermittelt wird. Hierbei ist zu beachten, dass die Flächen für Gl. (2) jeweils Ansichtsflächen sind. Die längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ , welche die Anschlussstellen berücksichtigen können im einfachsten Fall Tabelle 17 sowie Tabelle 19 entnommen oder wie in Abschnitt 9.1.2 angeführt, berechnet werden.

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t + \sum l_{f,g} \Psi_{f,g} + \sum l_{m,g} \Psi_{m,g} + \sum l_{t,g} \Psi_{t,g} + \sum l_p \Psi_p + \sum l_{m,f} \Psi_{m,f} + \sum l_{t,f} \Psi_{t,f}}{A_{cw}} \quad \text{Gl. (1)}$$

Dabei ist

U_g, U_p der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung und des Paneels;

U_f, U_m, U_t der Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens, des Pfostens und des Riegels;

$\Psi_{f,g}, \Psi_{m,g}, \Psi_{t,g}, \Psi_p$ der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient infolge der kombinierten thermischen Wirkungen der Verglasung oder des Paneels und des Rahmens oder des Pfostens oder des Riegels;

$\Psi_{m,f}, \Psi_{t,f}$ der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient infolge der kombinierten thermischen Wirkungen von Rahmen-Pfosten und Rahmen-Riegel.

Die Fläche der Vorhangfassade ist nach Gleichung (2) zu berechnen:

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_m + A_t \quad \text{Gl. (2)}$$

Dabei ist

A_{cw} die Fläche der Vorhangfassade;
 A_g die Fläche der Verglasung;
 A_p die Fläche des Paneels;
 A_f die Fläche des Rahmens;
 A_m die Fläche des Pfostens;
 A_t die Fläche des Riegels;

Somit wird deutlich, dass der Gesamt U_{cw} -Wert einer funktionellen Einheit „Vorhangfassade“, trotz identischer Ausgangskennwerte einzelner Bauteile, für große oder kleine Fassadenelemente mit unterschiedlichen Rahmenanteilen oder aus unterschiedlichen Profilwerkstoffen große Bandbreiten annehmen kann.

Tabelle 18:

Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{m,g}$ und $\Psi_{t,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter von Verglasungen, die in Pfosten/ Riegel- Bauteile eingebaut sind, aus [61].

Art von Pfosten/Riegel	Verglasung	
	Doppel- oder Dreifachverglasung (6-mm-Glas) — unbeschichtetes Glas — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$	Doppel- oder Dreifachverglasung (6-mm-Glas) — Glas mit niedrigem Emissionsgrad * Einfachbeschichtung bei Zweischeibenverglasung * Zweifachbeschichtung bei Dreischeiben-Verglasung — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$
Holz-Aluminium	0,06	0,08
Metall mit wärmetechnischer Trennung	$d_i \leq 100$ mm: 0,09 $d_i \leq 200$ mm: 0,10	$d_i \leq 100$ mm: 0,11 $d_i \leq 200$ mm: 0,12
d_i ist die raumseitige Tiefe des Pfostens/Riegels (siehe auch Bild 3)		

Tabelle 19:

Werte des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten $\Psi_{f,g}$ und $\Psi_{t,g}$ in $W/(m \cdot K)$ für übliche Abstandhalter (z. B. aus Aluminium oder Stahl) für Verglasungen, die in Profil-Rahmen eingebaut sind, aus [61].

Rahmenart	Verglasung	
	Doppel- oder Dreifachverglasung (4-mm-Glas) — unbeschichtetes Glas — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$	Doppel- oder Dreifachverglasung (4-mm-Glas) — Glas mit niedrigem Emissionsgrad * Einfachbeschichtung bei Zweischeibenverglasung * Zweifachbeschichtung bei Dreischeiben-Verglasung — mit Luft- oder Gaszwischenraum $W/(m \cdot K)$
Holz oder PVC	0,06	0,08
Metall mit wärmetechnischer Trennung	0,08	0,11
Metall ohne wärmetechnische Trennung	0,02	0,05

Beispiel B: Gesamtenergiedurchlassgrad Verglasung mit Sonnenschutz

Üblicherweise wird der Gesamtenergiedurchlassgrad (g- Wert) einer Kombination einer Verglasung und einer Sonnenschutzvorrichtung gemäß EN 410 [62] oder nach dem kalorimetrischen Verfahren ermittelt [63]. Allerdings sind die exakten Methoden nur im Labor durchführbar. Sofern der g- Wert einer Verglasung bekannt ist, kann der Systemwert auch mittels des Abminderungsfaktors F_c [34] oder über einen vereinfachten Berechnungsansatz gemäß Tabelle 21 [61] näherungsweise ermittelt werden. Hierzu werden die Kennwerte der Verglasung (Tabelle 20) und des Sonnenschutzes (Tabelle 21) benötigt. Je nach Lage des Sonnenschutzes ergibt sich dann der Gesamtenergiedurchlassgrad des Systems gemäß den Gleichungen Gl. (3) oder Gl. (4). Auch hier gibt es bei augenscheinlich identischen Ausgangsbauteilen, wie beispielsweise einer 2-fach Verglasung und einer Wärmeschutzverglasung, Abweichungen beim g- Wert des Systems. Weiterhin wird nochmals der Einfluss der Lage des Sonnenschutzes dargestellt.

Tabelle 20:

Typische Kennwerte von Verglasungen [61].

Produkt	Wärmedurchgangskoeffizient U_g W/(m ² ·K)	Gesamtenergiedurchlassgrad für Solarstrahlung g	Lichttransmissionsgrad τ_v	Lichtreflexionsgrad $\rho_v = \rho_{\tau}$
Einfachglas	5,7	0,85	0,90	0,08
Zweifachglas	3,0	0,75	0,82	0,15
Dreifachglas	2,0	0,65	0,75	0,20
Zweifachglas mit Wärmeschutzbeschichtung	1,6	0,70	0,75	0,17
ANMERKUNG Für Schätzungen der Kühlbelastung liegen die Werte auf der sicheren Seite.				

Tabelle 21:

Typische Kennwerte von Sonnenschutzvorrichtungen [61].

Transmissionsgrad $\tau_{e,B}$		Reflexionsgrad $\rho_{e,B}$			
		weiß	pastellfarben	dunkel	schwarz
Lichtundurchlässig	0,0	0,7	0,5	0,3	0,1
Mittel lichtdurchlässig	0,2	0,6	0,4	0,2	0,1
Stark lichtdurchlässig	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1

Tabelle 22:
Vereinfachte Berechnungsansätze für den Gesamtenergiedurchlassgrad von Verglasungen in Kombination mit unterschiedlichem Sonnenschutz, links unbelüfteter Zwischenraum, rechts nach innen belüfteter Zwischenraum, nach [61].

<p>Legende</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Außenbereich 2 Sonnenschutzvorrichtung 3 unbelüftete Luftschicht 4 Verglasung 5 Innenbereich 	<p>Legende</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Außenbereich 2 Verglasung 3 Luftschicht, nach innen belüftet 4 Sonnenschutzvorrichtung 5 Innenbereich
$g_t = \tau_{e,B} \cdot g + \alpha_{e,B} \frac{G}{G_2} + \tau_{e,B} (1-g) \frac{G}{G_1}$ <p>Dabei ist Gl. (3)</p> $\alpha_{e,B} = 1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B}$ $G_1 = 5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $G_2 = 10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} \right)^{-1} \quad \boxed{A_1}$	$g_t = g \left(1 - g \rho_{e,B} - \alpha_{e,B} \frac{G}{G_2} \right)$ <p>Dabei ist Gl. (4)</p> $\alpha_{e,B} = 1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B}$ $G_2 = 30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_2} \right)^{-1} \quad \boxed{A_1}$

Da in beiden Beispielen relativ einfache Berechnungsansätze hinterlegt sind, eignen sich diese gut für eine Integration in ein Baustellen- RFID- System d.h. eine Nachprüfung vor Ort, insbesondere bei festgestellten Abweichungen. Allerdings ist die händische Erfassung der Kennwerte von Einzelbauteilen sehr zeitaufwendig, die Berechnung an sich kann auf einem tragbaren Kleincomputer problemlos erfolgen. Einfacher ist die automatisierte Erfassung und Bewertung mit dem virtuellen Baustellenkiosk über ein RFID- System, wie in Kap. 7.3 dargestellt.

9.1.4 Häufige Bauschadensursachen bei Glasfassaden

Im Bereich Glasfassaden gibt es vielfältige Schadensbildern. Die meisten davon sind auf einige wenige Ursachen zurückzuführen [55], [56], [57]:

- unzureichende Berücksichtigung von thermischen und hygrischen Dehnungen oder Verformungen durch statische Lasten (Planungs- oder Ausführungsfehler),

- fehlende Entwässerung für Kondensat oder eindringenden Schlagregen (Planungs- oder Herstellfehler),
- unsachgemäße Ausführung der Bauteilanschlüsse, fehlende oder falsche Abdichtungen (Ausführungsfehler),
- unsachgemäße Behandlung von außen liegenden Funktionsschichten, z.B. photokatalytisch wirksame Beschichtung für Selbstreinigung (Ausführungs- und Wartungsfehler),
- Materialunverträglichkeit von Komponenten (Planungs- oder Ausführungsfehler),
- Verwechslung von Komponenten oder Positionen (Herstellungs- oder Ausführungsfehler).

Sofern die Ursachen nicht rein durch mangelhafte Planung oder Fertigung begründet sind, könnte durch ein verbessertes Kennzeichnungssystem vor allem die Präsenz und die Qualität von verwendeten Bauprodukten in einem Gewerke dokumentiert werden. Somit lassen sich auch versteckte Baufehler frühzeitig erkennen, bevor daraus ein Schaden entsteht. Anhand von konkreten Beispielen wird dies im folgenden Abschnitt verdeutlicht.

9.2 Anwendungsgebiete für RFID- Kennzeichnung

Im Kontext Glasfassade werden folgende Anwendungsgebiete untersucht:

a) Kennwerte

Die bauphysikalischen Kennwerte von Verglasungen, Fassadenprofilen, opaken Füllungen sowie Montagemittel sind bislang nur schwierig auf der Baustelle nachvollziehbar [64]. Funktionell ganz unterschiedliche Produkte sehen auf den ersten Blick identisch aus (Bild 1). Bei Verwechslungen kann dies bauphysikalisch, energetisch sowie hinsichtlich Sicherheitsaspekten fatale und nur unter hohem Aufwand korrigierbare Folgen haben. Im Gegensatz zu anderen Bauprodukten wie z.B. bei Dämmstoffen fehlen überwiegend eindeutige Kennzeichnungsvorschriften. Der virtuelle Baustellenkiosk soll daher nach dem in Kapitel 7.3 beschriebenen Prototypenstadium zusammen mit Industriepartnern für folgende Punkte stetig weiterentwickelt werden:

- automatische Kennwertermittlung für Systeme über die Einzelkennwerte von Systemkomponenten mit Hilfe von Applets. Beispiel U-Wert- Verglasung: Komponenten sind Einzelglasscheiben, Funktionsschichten, Gasfüllung und Randverbund, Berechnungsmethode nach EN 673,
- Prüfung von Alternativszenarien, z.B. falsche Lage der Funktionsschicht, falsche Gasfüllung.

Die eindeutige Produktidentifikation bereits vor Einbau ermöglicht dem ausführenden Gewerke und der Bauleitung eine bessere Einschätzung möglicher Risiken, sofern beim Wareneingang eine Abweichung vom Sollzustand festgestellt wird. Bislang bleibt im Baustellenalltag oftmals keine Zeit, eine genauere Klärung über mögliche Auswirkungen vorzunehmen. Für wesentliche Bauteile lassen sich im einfacheren Fall konstruktionsbezogenen Risikoklassen online generieren und für eine Entscheidung kurzfristig bereitstellen. In der Praxis könnte dies z.B. die Überprüfung der Gefahr von Tauwasserbildung an oder in einer Konstruktion sein. Der Mitarbeiter am Wareneingang erhält dann eine Risikobeurteilung für das Alternativprodukt „unbedenklich“, „grenzwertig“, „ungeeig-

net“, so dass er rasch eine Entscheidung treffen kann. Bei Abweichungen von komplexeren Bauteilen ist in der Regel ein Fachplaner hinzuzuziehen.

Beispiel: Bei einer Lieferung von Sonderverglasungen wurde teilweise versehentlich eine andere Gasfüllung als bestellt eingebracht. Hierdurch ändern sich U- und g- Wert geringfügig, die Auswirkung auf die in diesem BV äußerst knapp bemessenen Heiz- und Kühllasten sind jedoch unklar. Aufgrund einer Lieferzeit für Ersatzverglasungen von 3 Monaten würde sich mit zunächst nahe liegendem Austausch der Baufortschritt erheblich verzögern. Auch hier kann durch Übermittlung der Produkt- ID sowie der vorgesehenen Einbauposition die Beurteilung beschleunigt werden. Der Fachplaner kann sich über die ID zweifelsfrei und umfassend die von ihm benötigten Produktdaten vom Hersteller beschaffen und für eine weitere Beurteilung mit seinen bisherigen Annahmen abgleichen.

b) Positionszuordnung

Bei größeren Objekten werden Verglasungen in Abhängigkeit von Fassadenorientierung, Bauwerkshöhe und Exponierung zu Straße, Bahn oder Flughafen sowie bei Sonderanforderungen wie Radardämpfung in unterschiedlichen Qualitäten ausgeführt. So kann beispielsweise der g- Wert an nordorientierten Fassaden höher ausgeführt werden als auf der Südseite, an lärmexponierten Fassaden als Schallschutzverglasung sind zusätzliche Folieneinlagen, andere Füllgase oder eine zusätzlichen Scheibe notwendig. An architektonisch sehr anspruchsvollen Gebäuden wie z.B. der Elbphilharmonie in Hamburg oder dem neuen Automobilmuseum von Fa. Daimler ist von jeweils mehreren Hundert Verglasungen durch unterschiedliche Formgebung, Bedruckungskonzepte, Funktionsschichten oder Kantenbeleuchtung jede ein Unikat. Dadurch ergibt sich hinsichtlich Anlieferung sowie Bereitstellung für den Einbau sowie im Schadensfall für evt. Nachbestellungen erhebliche logistische und organisatorische Herausforderungen. Fehler bei diesen Prozessen ziehen meist hohe Folgekosten nach sich, insbesondere wenn diese erst nach Fertigstellung des Bauwerks reklamiert werden.

Beispiel [65]: Elbphilharmonie in Hamburg, Bild 65. Die Fassade des bis zu 100 m hohen Gebäudekomplexes ist oberhalb des alten Kaispeichers vollständig verglast. Die Fassadenelemente bestehen überwiegend aus sphärisch gewölbten Sonderverglasungen mit einer Fläche von je 7 bis 10 m² und einem Gewicht von 500 bis 800 kg. Die Kosten je Exemplar betragen einige zehntausend Euro. Drei Seiten der Fassade können aufgrund direkter Lage des Gebäudes an der Elbe nur vom Schiff aus montiert werden. Aufgrund der vollständigen Verglasung der Räume bestehen hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes hohe Anforderungen an die strahlungstechnischen Eigenschaften.

Somit liegt einerseits das Risiko für eventuelle Mängelansprüche deutlich über dem Durchschnitt, zum anderen verursacht eine eventuell notwendige Mängelbeseitigung äußerst hohen Aufwand zum Auswechseln einer Verglasung in den oberen Stockwerken (z.B. mittels eines Schiffskranes). Neben den direkten Kosten wäre auch mit Schadensersatzsprüchen sowie Imageschäden bei den Nutzern (Konzertbetrieb, Hotel und Luxuswohnungen) sowie in der Öffentlichkeit zu rechnen.

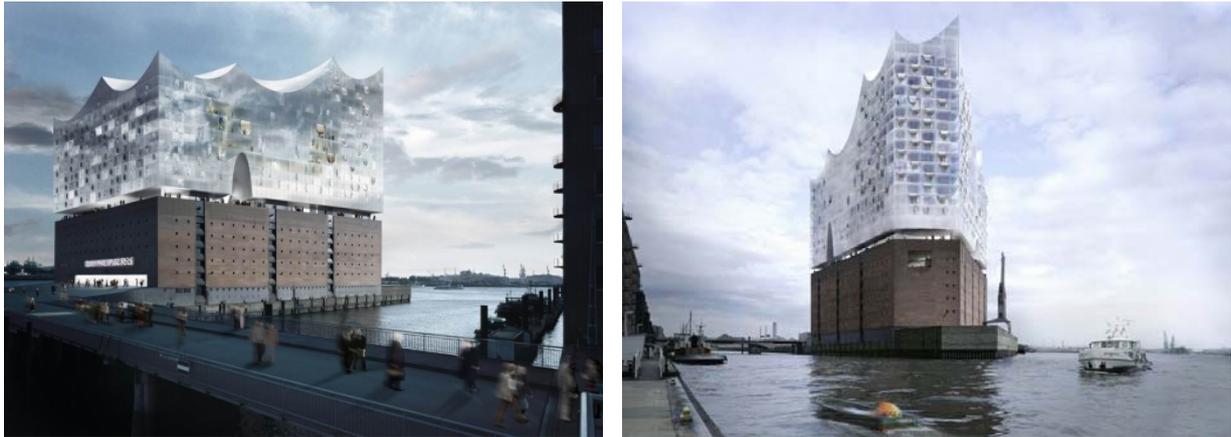


Bild 65:
Ansichten des Beispiels Elbphilharmonie [65]

Zusammenfassend werden folgende Szenarien verfolgt:

- Vermeidung von Verwechslungen der Einbauposition bei äußerlich identischen Produkten,
- Verbesserungspotenzial bei der Baustellenlogistik im Fassadenbau (in Zusammenarbeit der ARGE zu TU Dresden und BU Wuppertal [54],
- Prüfung des Sicherheits- und Zeitgewinns bei Abnahme,
- Elektronische Verknüpfungsmöglichkeit von Produkt- ID zu Einbauposition, z.B. über Kombination RFID mit Barcode in Bauplänen.

c) Einbaulage

Analog zur Einbauposition treten im Baustellenalltag auch Verwechslungen hinsichtlich korrekter Einbaulage von Verglasungen auf. Die Einbaulage beschreibt auf welcher Seite (Raum oder außen) Funktionsschichten für Wärme- und Sonnenschutz liegen müssen, um die vom Fachplaner gewünschte Funktionalität zu erreichen.

Beispiel: Low- E- Schichten werden standardmäßig auf Position 3, d.h. auf der raumseitigen Scheibe einer Wärmeschutzverglasung ausgeführt. Ein Umkehren der Verglasung führt dazu, dass sich je nach Qualität der Beschichtung der U-Wert geringfügig verschlechtern kann, jedoch der Gesamtenergiedurchlassgrad deutlich abnimmt. Weiterhin sind Kombinationen von Wärmeschutzschichten und zusätzlichen Sonnenschutzschichten möglich, so dass in der Praxis vermehrt andere Einbaupositionen einer Verglasung als der o.g. Standard zur Ausführung kommen. Normalerweise werden Innen- oder Außenseite vom Hersteller über Aufkleber gekennzeichnet, welche nach dem Einbau wieder entfernt werden. Allerdings sind hier Verwechslungen beim Anbringen oder Verlust der Aufkleber nicht auszuschließen. Weiterhin ist eine Überprüfung der korrekten Einbaulage für Abnahmezwecke nach Entfernen der Aufkleber insbesondere bei Kombi-Schichten nicht möglich, da verfügbare Schichttester nicht auf diese ansprechen.

Bisher bereits kennzeichnungspflichtig sind z.B. ESG- Verglasungen, bei denen meist im Eckbereich ein direkter Aufdruck auf die Scheibe erfolgt. Einige Her-

steller kennzeichnen dementsprechend auch andere Funktionsgläser auf freiwilliger Basis. Allerdings sind diese zusätzlichen Aufdrucke bauherrenseitig oftmals unerwünscht oder durch zusätzliche Siebdruckschichten nicht mehr erkennbar. Ebenfalls sicherheits- und schalltechnisch relevante Verbundgläser (Kombination aus Floatgläsern mit PVB-Folien) sind bei freiliegenden Verglasungsverbund leicht zu überprüfen, allerdings im eingebauten Zustand nur in der Gesamtdicke, jedoch nicht in der Einzelschichtenfolge überprüfbar.

Folgende Kennzeichnungsmöglichkeiten wurden überprüft:

- Anbringen des Transponders im Scheibenzwischenraum bei unterschiedlichen Randverbänden (Alu, TPS, Kunststoff, Edelstahl), ggf. Analyse der Rückwirkungen durch Gasfüllung, Fehlen von Feuchtigkeit sowie Fogging-Effekte aus organischen Transponder-Bauteilen, Verträglichkeit mit Funktionsschicht (Haftung und lokale Veränderung des Emissionskoeffizienten),
- Lesbarkeit von Transpondern durch metallische Funktionsschichten,
- Möglichkeiten zur eindeutigen Kennzeichnungen „Innen“ und „Außen“ mit Hilfe von RFID- Tags.

d) Plagiatschutz

Im Vergleich zu anderen Branchen blieb das Bauwesen in Deutschland in der Vergangenheit von Produktfälschungen weitestgehend verschont. Bislang publizierte Fälle betreffen Produkte für den Innenausbau, wie z.B. spezielle Dekorgläser oder Sanitärarmaturen. Während beim ersten Beispiel der Schaden vorwiegend den Hersteller trifft, da die Optik des Plagiats nahezu dem des Originals entspricht, erhält der Bauherr durch die Plagiate beim zweiten Beispiel oftmals eine erheblich schlechtere Qualität. Dies macht sich in der Regel erst durch lautere Strömungsgeräusche oder geringere Dauerhaftigkeit von Dichtkörper und Oberfläche bemerkbar. Erst in den letzten Monaten sind einzelne Fälle bekannt geworden, bei denen sicherheits- oder energetisch relevante Bauteile von zweifelhafter Quelle und Qualität am deutschen Markt aufgetaucht sind [66]. Die in 2006 stark gestiegene Nachfrage für Dämmstoffe hat dazu geführt, dass diese in größeren Mengen nur mit Lieferzeiten von z.T. mehreren Monaten erhältlich waren. Insbesondere bei EPS ist aufgrund vorgeschriebener Lagerzeiten zur Vermeidung von Schwindprozessen eine kurzfristige Erhöhung der Produktionskapazitäten keine Lösung [67]. Der in der Baupraxis alltägliche Zeit- und Kostendruck erhöht die Versuchung in solchen Situationen auf scheinbar schnelle Ausweidlösungen umzusatteln. Die Qualität dieser Lösungen ist auf der Baustelle bislang kaum überprüfbar. Auch in der Glasbranche sind erste Fälle bereits bekannt geworden.

Beispiel [66]: „Immer mehr Unternehmen, insbesondere aus dem asiatischen Raum, versuchen sich an der Herstellung von Kopien von Markenprodukten, leider oft erfolgreich. Nach Angaben der Europäischen Union entfallen durch Produktpiraterie, illegale Überproduktion sowie Parallel- und Re-Importe mittlerweile zehn Prozent des Welthandels auf Plagiate oder Fälschungen. Der internationale Schaden beläuft sich auf über 300 Milliarden Euro. Dies wirkt sich auch auf den Absatzmarkt aus: Allein in Deutschland gehen nach Schätzungen des Justizministeriums jährlich 50.000 Arbeitsplätze in Folge von Produktpiraterie verloren. Der wirtschaftliche Schaden in Deutschland wird auf ca. 30 Milliarden Euro jährlich beziffert. Daneben besteht die Gefahr darin, dass Fälscher in

unverantwortlicher Weise Verletzungen von Personen in Kauf nehmen. Bei der aktuellen Zerstörungsaktion der SGG entsprach das Bruchbild von ESG nicht der DIN- Norm. Das heißt: durch die Billig- Herstellung werden die strengen Kriterien der Glasproduktion und Weiterverarbeitung nicht erfüllt.“

Zum Thema „Plagiatschutz“ sind noch folgende Punkte zu klären:

- Manipulationssichere Bauproduktkennzeichnung mittels RFID,
- Herstellerseitige Kontrollmechanismen für Produkt- ID- Überwachung (z.B. Mehrfachbelegung einer einzelnen ID),
- Für Auftraggeber relevante Kontrolldaten und Querverknüpfungsmöglichkeiten zu bauaufsichtlichen Zulassungen, Prüfzeugnissen mit Zertifikatsschutz und geschützte Herstellerressourcen.

e) Überwachung Montagemittel

Im Glasfassadenbau werden neben Verglasungen und Rahmenprofilen zahlreiche Montage- und Hilfsmittel verwendet, die sich mit Klarschriftetiketten und von Hand kaum erfassen lassen. Die Grundidee besteht darin, bei Erstellung des Gewerkes Glasfassade alle dabei verwendeten Hilfsmittel mit zu planen und über die RFID- Etiketten zu kennzeichnen. Bei Produkten aus Dosen oder Kartuschen werden die Gebinde mit Tags versehen. Über die einzigartige ID jedes Gebindes ist gewährleistet, dass keine leeren Verpackungen zum Vortäuschen eines anderen Produktes mehrmals eingescannt werden können. Über die Anzahl der Gebinde kann auch gleichzeitig die korrekte Auftragsmenge mit überwacht werden. Nicht pastöse Montagemittel wie Bänder oder Verschraubungen werden dadurch gekennzeichnet, dass eine statistische Verteilung von Tags (z.B. 5 je 10 lfd. m oder 5 % aller Schrauben) erfolgt. Die wichtigsten Montagemittel und Fehlerquellen zeigt Tabelle 23.

Tabelle 23:

Übersicht zu häufigen Montagemittel für Glasfassaden.

Montagemittel	Zweck	Mögliche Fehlerquellen
pastöse Dichtstoffe	Abdichtung, Verklebung bei Structural Glazing	Materialunverträglichkeiten mit dem Randverbund
Trockendichtung	Abdichtung Verglasung zum Fassadenprofil, Abdichtung von Verschraubungen	Schrumpfen, Versprödung und dadurch entstehende Undichtheiten
Verschraubungen	Krafteinleitung in Unterkonstruktion	unzureichender Korrosionsschutz (Rost aufgrund Feuchte oder Salzbeanspruchung, Kontaktkorrosion bei unterschiedlichen Metallen), falscher Querschnitt oder Werkstoff
Konsolen	Befestigung von Sonnenschutz	Korrosion, Undichtheiten bei Durchdringungen, Wärmebrücken
Fugendichtbänder	Überdeckung Anschlussfuge zwischen Profil und Tragwerk, Herstellung der Luftdichtheit	nicht ausreichende Dauerhaftigkeit, Materialunverträglichkeit, keine Haftung auf Leibungsflächen
Bauschaum oder Stopfwolle	Wärmedämmung Anschlussfuge	falsche Qualität (z.B. unzureichende Wärmedämmung, Schalldämmung, Feuchtebeständigkeit), falsche Verarbeitung (Witterung, Untergrundhaftung)

Beispiel: Bei einer Structural Glazing Fassade mit speziellem Randverbund ist vor Vollendung der Fassade vorzeitig der angelieferte systemkompatible Fugendichtstoff vollständig aufgebraucht. Aufgrund des Termindrucks kann ersatzweise im örtlichen Fachhandel ein anscheinend ebenfalls hochwertiger Dichtstoff für den gleichen Einsatzzweck jedoch eines anderen Herstellers beschafft werden. Optisch ist die Verarbeitungsqualität zunächst einwandfrei. Drei Jahre nach Fertigstellung des Gebäudes sind an einigen Stellen Unregelmäßigkeiten im Randverbund der Verglasung erkennbar [67]. Nach einer mehrwöchigen Laboranalyse wird festgestellt, dass der Ersatzdichtstoff durch Diffusionsvorgänge zu einem Quellen des Randverbundes der Verglasungen geführt hat. Zur Behebung des Schadens müssen alle defekten Verglasungen im laufenden Gebäudebetrieb aus den Verklebungen herausgeschnitten und ausgetauscht werden.

Wesentliche Punkte hierbei sind:

- geeignete Kennzeichnungskonzepte für Montagemittel,
- Überprüfung der Manipulationssicherheit,
- Konzepte für Überprüfung der Systemkompatibilität und korrekte Verbrauchsmengen,
- Notwendige Hinweise an den Verarbeiter, Sperrmechanismen für weitere Buchungsvorgänge.

f) Mängelmanagement bei Abnahme und FM

Aus den umfangreichen Anforderungen der Produktnormen wie z.B. an Glasfassaden [58] zur Luftdichtheit (siehe Kap. 4.2) lassen sich sehr einfach Checklisten und Vorgaben für die Verbesserung des Mängelmanagements bei Abnahme und Betrieb eines Gebäudes ableiten. Eine Dokumentation sowie die leichtere Überprüfbarkeit der Beseitigung von Mängeln durch den Einsatz von RFID- Technik kommt sowohl den Interessen des GU oder Bauträgers als auch dem Bauherren oder FM- Dienstleister entgegen (siehe auch Tabelle 2). Im Detail sind zu klären:

- Überprüfung der zur Dokumentation mit der Produkt- ID zu verknüpfende Daten (Zeitstempel, Bilder, Position, Mitarbeiter ID),
- Durchführung von Abnahmeszenarien,
- Automatische Erstellung von Abnahmeprotokollen und Mängelberichten (exemplarisch für Gewerke Fassade),
- bereits baustellenseitige Entdeckung von Mängeln über Abfrage der über Produkt- ID verknüpfte Eigenschaften (siehe Abschnitt 9.2 a).

9.3 Kennzeichnungsvorschläge für einzelne Komponenten

Auf Basis der Untersuchungen in Kapitel 2, 3, 7, sowie 9.1.1 wurden Lösungen für die Kennzeichnung der wichtigsten Bauteile (= Hauptkomponenten) einer Glasfassade entwickelt. Je nach Bauweise, ob Elementfassade oder Pfosten-Riegel- Fassade sind unterschiedliche Konzepte erforderlich. Bei der Elementfassade werden großformatige Elemente einbaufertig auf der Baustelle angeliefert. Somit hat der Hersteller die Möglichkeit alle verwendeten Komponenten einer einzigen ID zuzuordnen und auch die Ist- Kenndaten der funktionellen Einheit bereits im Werk zu ermitteln. Somit reicht es aus, jedes Fassadenele-

ment mit einem einzigen Transponder zu kennzeichnen, sofern nicht einzelne Komponenten bereits durch die Vorlieferanten wie z.B. durch den Verglasungs- oder Profilversteller gekennzeichnet wurden. Idealerweise wird der Transponder der Verglasung mit den Daten der übrigen Komponenten verknüpft (Bild 66). Für eine Erhöhung der Ausfallsicherheit gemäß Kapitel 8.4 erfolgt bei der Errichtung ein Verknüpfung mehrerer Einzel- Fassadenelemente zu einer funktionellen Einheit Fassade, sinnvoller Weise definiert über Gebäudesegment, Konstruktionsart und Himmelsrichtung. Zur leichteren Auffindbarkeit müssen Konventionen für die Platzierung der Transponder vereinbart werden. Beispielsweise könnte dies z.B. stets in der rechten oberen oder unteren Ecke eines Fassadenelements erfolgen. Vor allem in Gebäuden mit mehr als 2 Stockwerken sollten die Transponder raumseitig angebracht sein, da ansonsten zum Auslesen stets ein Hubgerät oder ein Fahrkorb benötigt wird. Soll der Transponder auch für Arbeiten an der Außenseite genutzt werden muss auf der Außenseite ein zusätzlicher Transponder angebracht werden, da sowohl die Metallprofile als auch die metallische Funktionsbeschichtung auf den Gläsern (Bild 68) ein Auslesen eines Transpondern von beiden Seiten verhindert.

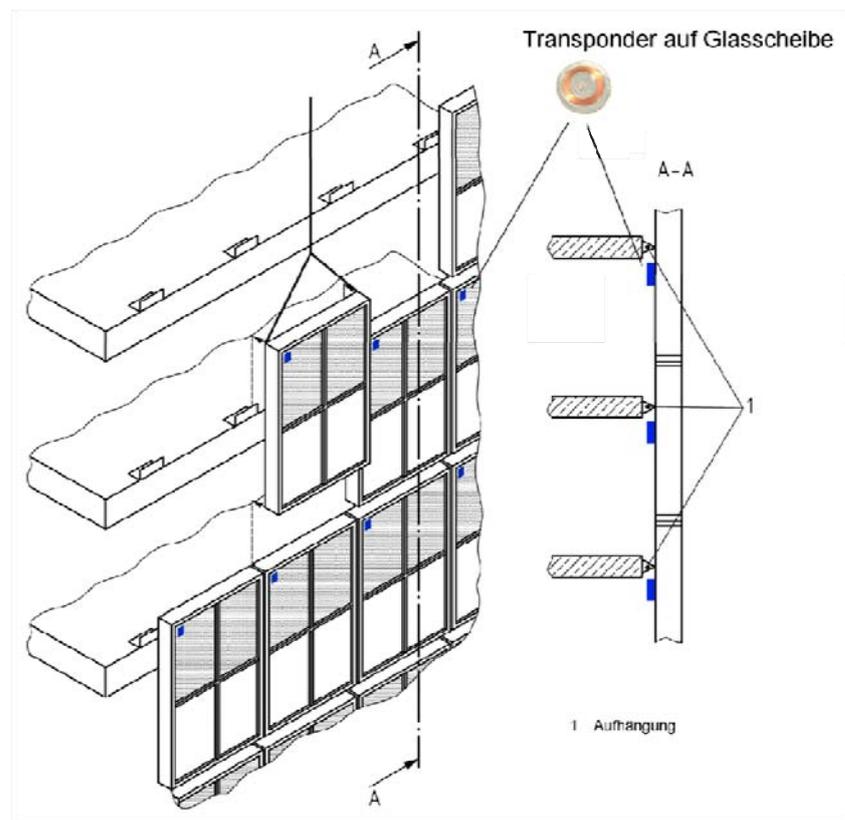


Bild 66:
Kennzeichnung einer Elementfassade mit RFID auf Bodenhöhe (links) oder unterhalb der Decke (rechts), aus [59] ergänzt durch [49].

Bei Pfosten-Riegel-Fassaden erfolgt das Fügen zu einer funktionellen Einheit auf der Baustelle. Da hier die Gefahr von Verwechslungen besteht, sollten alle Hauptkomponenten jeweils mit einem Transponder versehen werden (Bild 67). Allerdings kommen insbesondere bei großen Fassadenflächen mit sehr kleiner Elementierung rasch mehrere hundert Transponder zusammen, was auch eine Frage der Wirtschaftlichkeit ist. Ein Mittelweg stellt die Reduzierung der Kenn-

zeichnung bei Pfosten und Riegeln auf einen Transponder je Fassadenabschnitt und Konstruktionsart. Verglasungen, Dämm- Paneele sowie Sonnenschutzvorrichtungen werden weiterhin auf Einzelbauteilebene gekennzeichnet. Dies ermöglicht auch nachträgliche Bohr- und Schneidarbeiten an den Profilen auf der Baustelle ohne auf die mögliche Beschädigung von Transpondern Rücksicht nehmen zu müssen. Bei einer Pfosten- Riegel- Fassade ist es deutlich schwieriger Standards für die Platzierung der Transponder zu vereinbaren. Wichtig ist aus o.g. Gründen zumindest je Objekt die durchgehende Einhaltung einer Kennzeichnungsebene, d.h. alle Transponder raumseitig oder außenseitig.

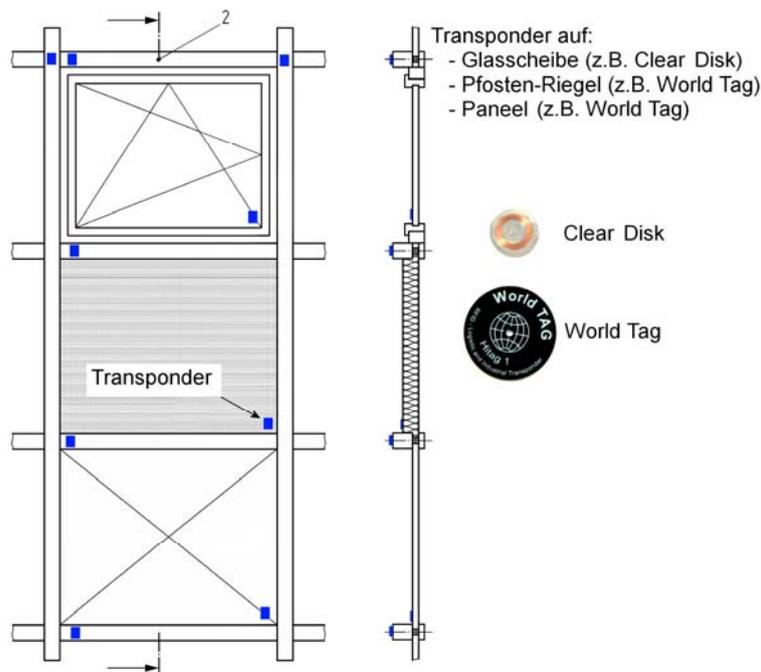


Bild 67:
Kennzeichnung einer Pfosten- Riegel- Fassade mit RFID, Standard,
aus [59] ergänzt durch [49].

Wie bereits erwähnt, sind bei der Kennzeichnung von Verglasungen mit Transpondern einige Besonderheiten zu beachten:

- Geringe optische Beeinträchtigung, d.h. geringe Größe, hohe Transparenz,
- Abschirmender Einfluss metallischer Funktionsschichten und Abstandhalter (Nr. 1 und 4 in Bild 68), teilweise weitere Beschichtungen auf Ebene 1 und 2, d.h. Platzierung des Transponders nur auf Ebene 1, 2, und 4 möglich, sofern Zusatzbeschichtungen vorhanden sind nur auf Ebene 4,
- Zum Ausschluss von Manipulationen ist die Anbringung durch Hersteller im Scheibenzwischenraum ideal, da somit keine zerstörungsfreie Möglichkeit besteht, den Transponder auszutauschen oder zu entfernen.
- Für eine raumseitige Auslesung ist nur Ebene 4 für LF-Tags technisch nutzbar, was jedoch ein Widerspruch zum vorgenannten Punkt darstellt.

Die Vor- und Nachteile der Kennzeichnung von Verglasungen mittels RFID im Vergleich zu anderen Methoden sind in Tabelle 24 dargestellt. Im Vergleich zu

Barcodes ist für das Auslesen eines RFID- Transponders keine Sichtverbindung erforderlich, beispielsweise sind Verunreinigungen oder Kunststoffabdeckungen kein Hemmnis. Nachteilig ist der Einfluss von metallischen Untergründen aufzuführen, welcher beim Barcode- Verfahren kein Problem darstellt. Der Barcode bietet weiterhin nur die Möglichkeit der reinen Identifikation, wobei mit RFID- Transpondern zusätzliche Informationen im Transponder oder über den „Bauserver“ gespeichert werden können.

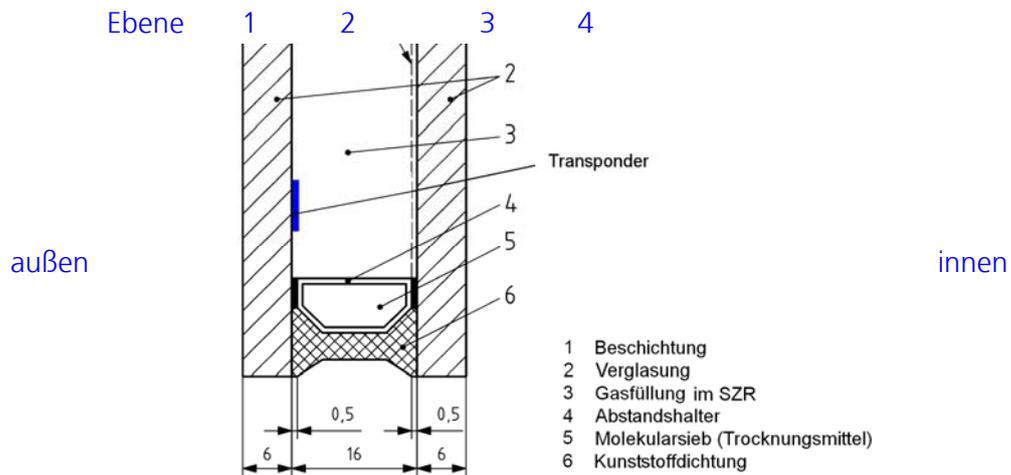


Bild 68:
Kennzeichnung einer Wärmeschutzverglasung, aus [59] ergänzt durch [49].

Tabelle 24:
Vor- und Nachteile verschiedener Kennzeichnungssysteme bei Verglasungen.

Kennzeichnung	Vorteile	Nachteile
RFID- Transponder	<ul style="list-style-type: none"> - Auslesen unabhängig von Witterung und Verschmutzungsgrad - Ortung mehrerer Komponenten - Daten können ergänzt oder berichtigt werden - kann in Material eingebettet werden - an verschiedene Anforderungen anpassbar - Kombination mit Sensorik möglich - schwer manipulierbar 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Anschaffungskosten - Platzierung ist nicht frei wählbar
Barcode	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - Platzierung frei wählbar 	<ul style="list-style-type: none"> - Sichtkontakt notwendig - nicht auslesbar, falls Verschmutzt
Eindruck SZR	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - nicht manipulierbar 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht einheitlich - Auslesbarkeit wird nicht gewährleistet - Optik
Aufkleber auf Scheibe (Außenseite)	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - leicht anzubringen - kann entfernt werden, wenn nicht mehr benötigt 	<ul style="list-style-type: none"> - leicht zu beschädigen - Falschkennzeichnung möglich - kann sich ablösen - unlesbar, falls verschmutzt - kann manipuliert/vertauscht werden - nach Erstreinigung verloren

9.4 Beispiele aus der Baupraxis und Prozessanalysen

Für die Prüfung des tatsächlichen Bedarfs und der Lösungsansätze wurden zwei Bauvorhaben (BV) der Fraunhofer- Gesellschaft begleitet. Beide Gebäude besitzen großflächige Glasfassaden, allerdings einmal als Sonderkonstruktion in Elementbauweise (IH2) und einmal auf Basis von Standardprofilen:

<u>BV</u>	<u>Standort</u>	<u>Fassadenart</u>	<u>Fassadenbaufirma</u>
InHaus2 (IH2) Kantine IZS	Duisburg Stuttgart	Elementfassade Pfosten- Riegel	Fa. Gartner Fa. Trumpf- Metallbau

9.4.1 InHaus2 Duisburg

Beim InHaus2 [33] handelt es sich um ein Forschungsgebäude der Fraunhofer Gesellschaft. Daher kamen 2007 an den einzelnen Fassadenabschnitten 5 Sonderkonstruktionen zum Einsatz. Von besonderem Interesse ist die Kennzeichnungsmöglichkeit von Fassadenelementen wegen der Datenübergabe aus den logistischen Prozessen sowie für Kennzahlen aus dem Bereich Bauphysik und für den späteren Gebäudebetrieb. Bild 69 zeigt die Ausgangssituation der Fassadenelemente im werkseitigen Warenausgang. Die einzelnen Elemente sind für den LKW-Transport zu Transporteinheiten zusammengefasst. Aufgrund der Stapelung zum Transport können die LF-Transponder auf der Stirnseite der Elemente weder manuell noch bei Durchfahrt des LKWs durch ein RFID-Gate ausgelesen werden, wie in Abschnitt 3.4.5 erläutert wurde. Für die Auswahl des korrekten Elementes bei der Montage muss der Transponder des Elements bereits auslesbar sein, auch wenn das Element sich noch auf dem Transportgestell oder im Stapel befindet. Für eine nicht im abgeschirmten Bereich liegende RFID-basierte Kennzeichnung verbleiben in der Regel nur die Stirnseiten. Diese sind allerdings nach dem Einbau nicht mehr frei zugänglich, da dies gleichzeitig die Stoßstellen der Nachbarelemente sind. Somit bleibt derzeit nur die Möglichkeit, die Elemente mit zwei LF-Transpondern zu versehen, ein LF-Tag zur Auswahl aus dem Stapel, ein zweiter LF-Tag für den eingebauten Zustand. Hinzu kommt ggf. ein UHF-Tag an den Transportgestellen für logistische Zwecke (siehe Projekt „InWeMo“). Mögliche Anbringorte der Tags sind in exemplarisch dargestellt. Für die Kennzeichnung der Fassadenelemente können sog. Plug-Tags verwendet werden, da diese in unterschiedlichen Farben als „Einsteckknopf“ optisch kaum auffällig sind und rasch montiert werden können (siehe LF-Muster-Tag in blau, vergrößert, Bild 70).

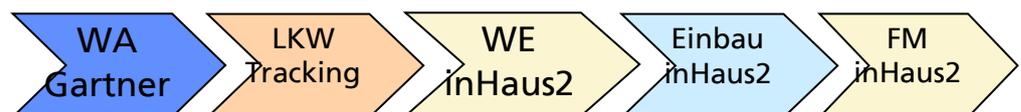


Bild 69:
Kennzeichnung der Transporteinheiten (=Crates, rechts oben) sowie der einzelnen Fassadenelemente (rechts unten) mit konventionellen Papieretiketten.



Bild 70:
Verdeutlichung der Kennzeichnung von Transporteinheiten (=Crates, links und rechts unten, UHF) sowie der einzelnen Fassadenelemente (rechts oben, LF als Plug-Tag, blau) mit unterschiedlichen Transponderlösungen

Die Darstellung der Kennzahlen-Übertragung aus den Bauprozessen „Herstellung im Fassadenwerk Gartner“, „Wareneingang an der Baustelle/ unbeschädigte Lieferung“, „Einbau“ und „Betrieb/ Facility Management“ zeigt schematisch das Bild 71. D.h. auf diesem Weg erfolgt die Ergänzung der Bauteildaten mit den Daten der Montagemittel und die Aggregation zur Funktionellen Einheit als eingebautes Fassadensystem.



WA: Warenausgang
WE: Wareneingang
FM: Facility Management

Bild 71:
Prozesskette bei der Anlieferung, Einbau und Inbetriebnahme von Fassadenelementen.

Die Erfassung und der Vergleich von Soll- und Istdaten (Planung) mit den Istdaten (Warenausgang im Herstellwerk) erfolgte mit Handlesegeräten. Dabei wird auch eine logistische Zuordnung der einzelnen Fassadenelemente zu den Transportgestellen („Crate“) und dem Liefer-LKW vorgenommen.

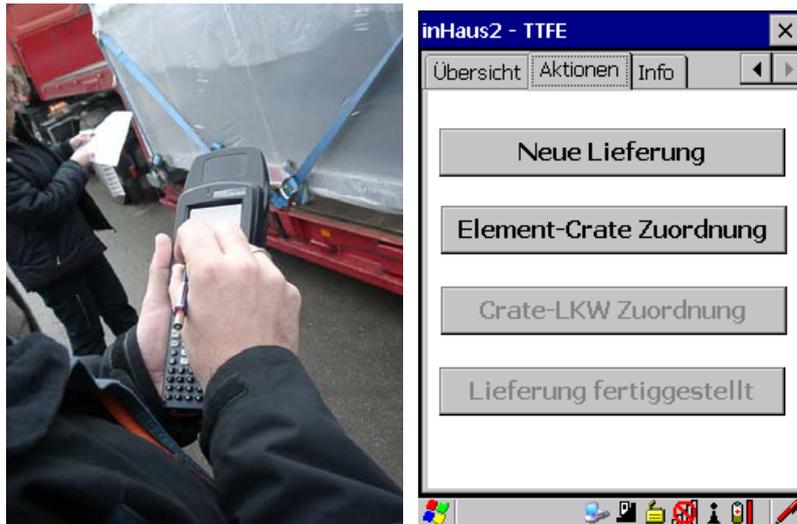


Bild 72:
Warenausgang beim Hersteller der Fassadenelemente: Erfassung der RFID-Daten mit Handlesegerät.

Mit dem Wareneingang an der Baustelle (Bild 73) konnten auch aus dem Baustellenrechner oder über Internet-Datenleitung die notwendigen Angaben zum Einbauort jedes Fassadenelementes zugeordnet werden. Einige Ergebnisse sind in Abschnitt 3.4.5 (Beispiel 3) aufgelistet und beschrieben.



Bild 73:
Wareneingang der Fassadenelemente auf der inHaus2- Baustelle: Erfassung der LKW- Ladung mit stationären Lesegeräten, montiert am RFID- Gate.

Die weiteren Funktionen beim Wareneingang sind Prüfung der Vollständigkeit oder Plausibilität, sowie Benachrichtigung der Bauleitung über den Wareneingang per SMS, d.h. auch zur Bestandsaufnahme der Funktionellen Einheit.



Bild 74:
Einbau und Einbaudokumentation auf der inHaus2- Baustelle: Startseite für die Dokumentation des IST- Zustandes.

Die Einbaudokumentation erfolgte über Handlesegeräte mit denen nach dem Einbau jedes Fassadenelement die Kennzahlen über RFID- Tags erfasst und der aktuelle bauphysikalische Zustand als **Teil der Funktionellen Einheit** in der Datenbank dokumentiert wurde (Bild 75). Umfangreichere Darstellungen solcher Datenflüsse aus der Material- und Personallogistik sind im ARGE-Projekt „InWeMo“ als Informationsflussmodell in Kap. 10 enthalten.

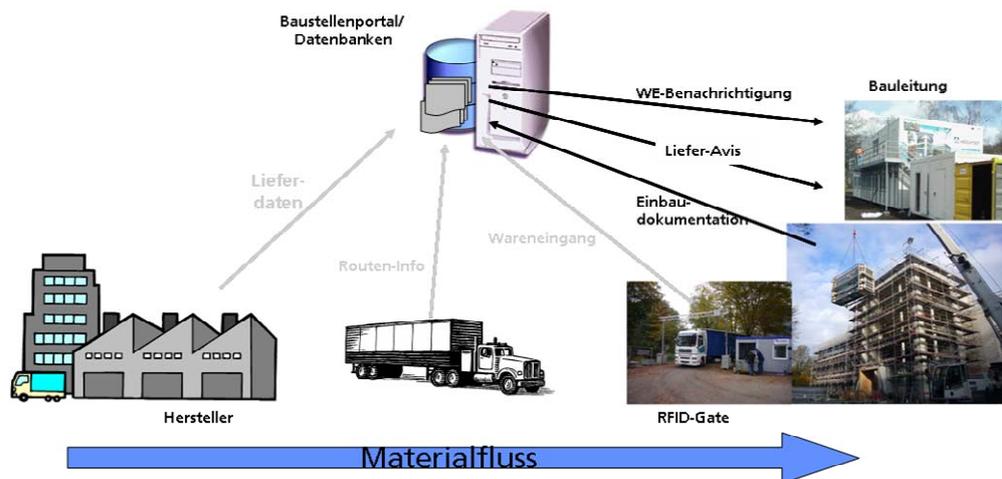


Bild 75:
Darstellung der Informations- und Kenndatenflüsse in Bauprozessen, nach IMS.

Außer den Hauptkomponenten der untersuchten Fassade sind auch die Anschlüsse und Übergänge zu angrenzenden Bauteilen zu kennzeichnen. In Bild 76 sind hierzu am Beispiel einer Glasdoppelfassade einige Punkte erläutert. Neben den in Kapitel 9.4.2 dargelegten Fassadenfugen betrifft dies auch statische Verankerungspunkte, wie z.B. ins Tragwerk einbetonierte Montageschienen, brandschutz-technische Abschottungen oder Schnittstellen zur Gebäudetechnik wie Elektroanschlüsse oder Anbindungen an Heizungen, Druckluft oder Lüftungsanlagen (Bild 77 und Bild 78). Sinnvollerweise erfolgt die Kennzeichnung entweder direkt am anzuknüpfenden Bauteil, d.h. z.B. am Verankerungspunkt oder an der TGA- Leitung zur Fassade.

Werden nur kleine Baustoffmengen im bauseitigen Zuschnitt, wie Steinwolle-
dämmmatten für den Brandschutz, ergänzt, könnte die Dokumentation auch
so erfolgen, dass beim Einbau die ID der Verpackung des Dämmstoffes einge-
lesen und diese dann mit der ID des benachbarten Fassadenelements verknüpft
wird. Einem evt. Missbrauch wird vorgebeugt, indem auch eine Verpackungs-
ID einmalig ist und über den zentralen EPC- IS alle Verknüpfungen mit dieser ID
zurückverfolgt werden können. Über die Dämmstoffmenge der Verpackungs-
einheit (VE) und die Angabe der bislang eingebauten Mengen lässt sich dies
sehr leicht prüfen.

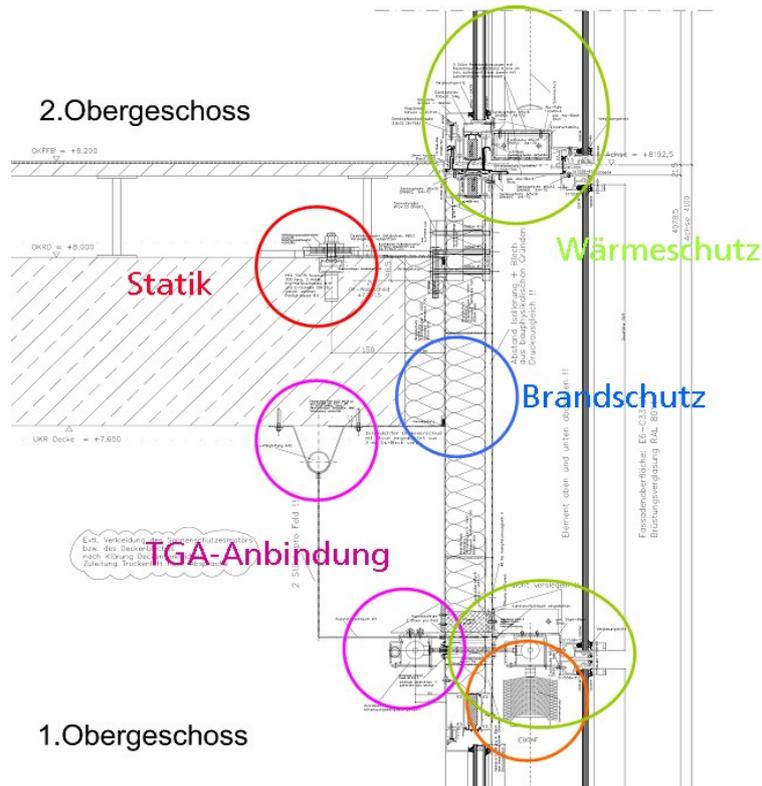


Bild 76:
Bauphysikalisch wichtige Anschluss- und Funktionsbereiche für eine Kennzeich-
nung von wichtigen Fassadenkomponenten am Beispiel eines Deckenanschlus-
ses einer Glasdoppelfassade (Beispiel InHaus2, CAD-Zeichnung Fa. Gartner).



Bild 77:
Vorbereitete Heizungsanschlüsse für beheizbare Pfostenprofile bei der „Integrierten Fassade“ in der Baustelle InHaus2.



Bild 78:
Vorbereitete Druckluftanschlüsse für Druckluftspülung bei der „Climate-Control- Fassade“ in der Baustelle InHaus2 mit Markierung für mögliche RFID-Transponder.

9.4.2 Neubau Kantine IZS Stuttgart

Der Neubau der Kantine ist in Bild 80 dargestellt. Die Gebäudehöhe über Geländeneiveau beträgt ca. 12 m mit einer Grundfläche von ca. 900 m². Die Fassade mit etwa 380 m² Gesamtfläche wird als Pfosten-Riegel-Konstruktion mit ca. 2/3 Glasfüllung und etwa 1/3 Paneelfüllung ausgeführt. Die Montage der Fassaden erfolgt in mehreren Arbeitsschritten:

4. Montage der Fassadenprofile am Tragwerk (Bild 79),
5. Einsetzen der Verglasungen in die Profile mit Kran (Bild 80 bis Bild 82),
6. Herstellung des Anschlusses zwischen Profile und Tragwerk (Bild 83 und Bild 84).



Bild 79:
Bisherige Kennzeichnungspraxis für die Positionszuordnung von Fassadenbauteilen per Hand (Kantine IZS).

Alle Elemente werden für die korrekte Positionszuordnung vom Hersteller gekennzeichnet. Allerdings ist die Art und Qualität der Kennzeichnung sehr unterschiedlich. Während die Profile z.T. vom Profilhersteller eine Vorkennzeichnung per Etikett enthalten, hat der Fassadenbaubetrieb die einzelnen Elemente nochmals handschriftlich gekennzeichnet. Die Beschreibung entspricht meist der Position im Fassadenplan, weitere Informationen sind daraus nicht direkt zu entnehmen. Einige Elemente sind zur leichteren Orientierung zusätzlich einfach mit Himmelsrichtung beschriftet.



Bild 80:
Montage der Verglasungen in die Pfosten- Riegelkonstruktion beim Bauvorhaben in Stuttgart.

Bei der Montage der Verglasungen besteht, wie in Kap. 9.4.1 dargelegt, das Problem, dass die Verglasungen vom Isolierglaswerk auf A- Böcke gestapelt werden. Die Anlieferung erfolgt meist direkt auf die Baustelle und nicht zum Fassadenbauer, so dass die Kennzeichnung und Kommissionierung durch den Isolierglashersteller erfolgt. Je nach Verglasungsart und Anzahl der gestapelten Verglasungen werden diese zusätzlich mit opaker Folie verpackt um ein übermäßiges Aufheizen der unteren Verglasungen zu vermeiden, was teilweise zum Glasbruch führt (Bild 81). Da die Montage per Kran zwischen Gerüst und Rohbau erfolgen muss (Bild 80), ist eine eindeutige Kennzeichnung für einen zügigen und fehlerfreien Ablauf zwingend. In Bild 82 sind die unterschiedlichen

Kennzeichnungen an den Verglasungen sowie die Beweggründe dafür in einer Übersicht dargestellt. Insgesamt werden 4 unterschiedliche Kennzeichnungen benötigt, 3 davon für Logistik und Einbau und eine welche im eingebauten Zustand dauerhaft auslesbar ist. Der Verglasungshersteller übernimmt bei seiner Kennzeichnung die Positions-Nummern des Fassadenbauers. Allerdings sind auf den Glasetiketten zahlreiche weitere Informationen enthalten, so dass ein Vergleich mit den Fassadenplänen mühsam ist. Die Etiketten sind so platziert, dass diese für die Montage vom Gerüst aus lesbar sind. Allerdings bewirkt dies, dass raumseitig für Zwischenabnahmen und nach Entfernen der Etiketten generell keine Kontrolle der korrekten Einbauposition mehr möglich ist.



Bild 81:
Verglasungen für Pfosten- Riegelfassade im Anlieferungszustand.

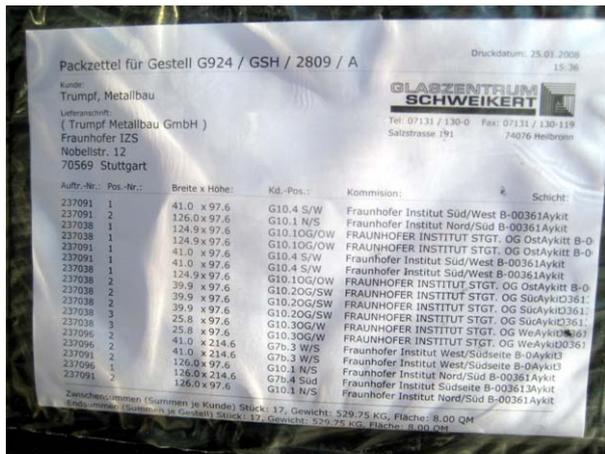


Bild 82:

Unterschiedliche Kennzeichnung der Verglasungen am Neubau der Kantine IZS Stuttgart: Packliste am Glastransportgestell (links oben), Etikett am Randverbund der Verglasung (rechts oben), Etikett auf Verglasung (links unten), Eindruck im Abstandhalter (rechts unten).

Ursachen der Mehrfachkennzeichnung an Verglasung bei Anlieferung auf der Baustelle:

- Packzettel ist notwendig, da Verglasungen in Folie verpackt sind,
- Etikett am Randverbund ist notwendig, da Etikett auf Verglasung nicht lesbar ist, wenn mehrere Verglasungen aneinandergereiht sind,
- Etikett frontal dient zusätzlich als Einbauhilfe (immer außen) und
- Eindruck im Scheibenzwischenraum, damit Basisinformationen im eingebauten Zustand lesbar sind.

Nach Einglasen der Profile und Montage der Deckprofile erfolgte der Anschluss der Fassadenkonstruktion zum Baukörper. Diese Arbeiten beeinflussen maßgeblich die Qualität des Gesamtwerks insbesondere hinsichtlich wärme- und feuchtetechnischen sowie akustischen Anforderungen. Wie in Bild 83 dargestellt erfolgt der raum- und außenseitige Anschluss über Folien und Bleche mit Hilfe von Klebebändern und Dichtmassen, so dass ein luft- und schlagregendichter Baukörper entsteht. Je nach Einbauebene schreibt der Fachplaner diffusionsoffene oder diffusionsdichte Produkte vor. Dies verhindert Ansammlung

von Tauwasser und Eindringen von Niederschlägen innerhalb der Stoßstelle zum Gebäude.

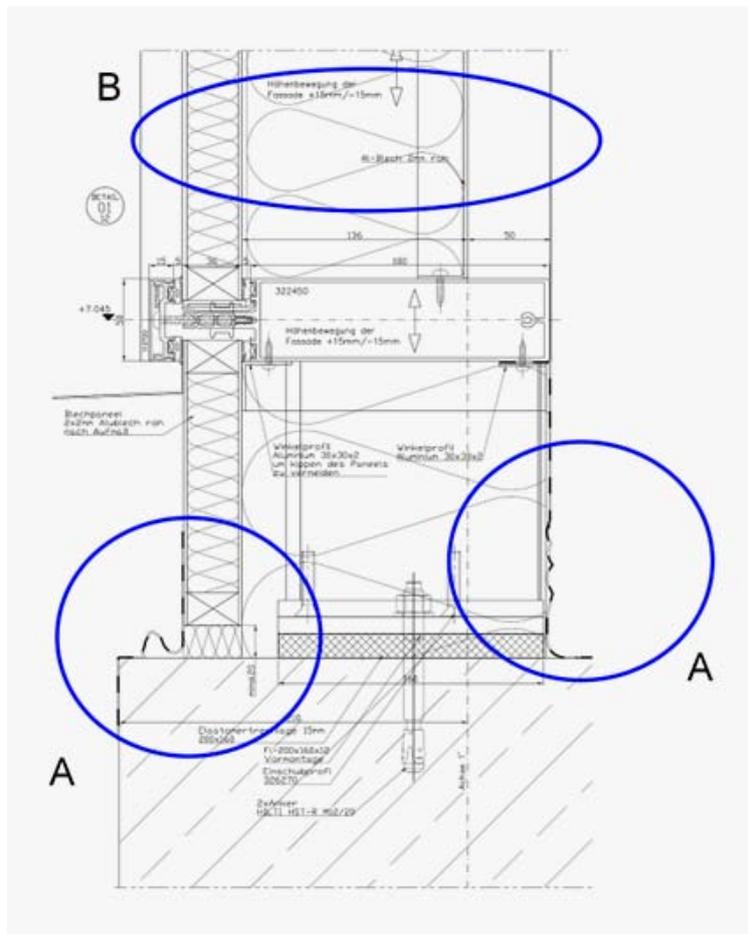


Bild 83:
Beispiel für RFID in Anschlussstellen A in einer Pfosten-Riegel-Fassade.

In Bild 84 sind einige baupraktische Ausführungen dargestellt. Bei Folien und Dichtbändern druckt der Hersteller meist die Diffusionseigenschaft sowie den zugehörigen s_d -Wert direkt auf das Produkt auf. Nachteilig ist, dass bei der Montage die gekennzeichnete Seite verklebt werden kann, so dass im eingebauten Zustand keinerlei Sichtkontrolle für die korrekte Folienauswahl mehr möglich ist. Wie in Bild 84b ersichtlich, ließ sich die raumseitig angebrachte falsche Folie mit einem s_d -Wert von 1 nach dem Verkleben nicht mehr erkennen. Eine Kennzeichnung der Folien und Klebebänder mit Transpondern, z.B. alle 1 bis 2 m, würde ausreichen, die Verwendung der korrekten Werkstoffe auch nach Schließen der Verkleidungen überprüfbar zu machen. Da keine Sichtverbindung notwendig ist, spielt die Einbaulage der Folien und Dichtbänder keine Rolle mehr.



Bild 84:
 Übersicht verschiedener Anschlussabdichtungen: a) dampfdicht b) diffusionsoffen c) Kennzeichnung der Folie für den Außeneinsatz auf der Verpackung d) Montage der diffusionsoffenen Folie, so dass Beschriftung auf Rückseite in allen Fällen nicht mehr lesbar.

9.5 Ergebnisse und Empfehlungen

Bei der Kennzeichnung von Glasfassaden mit RFID sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Bauweise und Konstruktionsart,
- Art des Prozesses, in welchen die Transponder genutzt werden sollen,
- Ästhetische Anforderungen des Architekten und des Bauherren,
- Anforderung an die Manipulationssicherheit,
- Überwiegend metallische Umgebung.

Somit eignen sich für die Kennzeichnung aus technischer Sicht LF- Transponder sehr gut, allerdings ist die Optik und Platzierungsmöglichkeit aufgrund der Baugröße derzeit noch nicht optimal. Insbesondere die Kennzeichnung von Verglasungen birgt noch weiteren Forschungsbedarf, da diese Bauteile einerseits wesentlichen Einfluss auf die bauphysikalische Qualität eines Gebäudes haben und zum anderen durch die Transparenz hohe optische Anforderungen an die Lösung bestehen. Bei metallischen Profilen könnten evtl. auch andere Antennebauformen, wie beispielsweise Schlitzantennen zukünftig nahezu unsichtbare Lösungen ermöglichen. Zu den kennzeichnungswürdigen Komponenten gehören außerdem noch Paneele und Sonnenschutzvorrichtungen. Bei

Montagehilfsmitteln kommt eine Kennzeichnung am Produkt nur für Funktionsfolien und Klebebänder in Frage.

Die in Kapitel 9.4 geschilderte Mehrfachkennzeichnung ist insbesondere aus Kostengründen zu vermeiden. Eine Lösung könnten die derzeit in der Weiterentwicklung befindlichen Multifrequenz- Lesegeräte und Transponder-on-metal darstellen. Auch die Mehrfachverwendung von Transpondern im Kreislauf, insbesondere bei Mehrweg-Transportvorrichtungen für Verglasungen und Fassaden weist ein Einsparpotenzial auf.

Offen ist derzeit auch noch die Platzierung der Transponder an den Fassadenbauteilen. Einerseits kann eine Fassade als gestalterisches Element nicht beliebig mit Transpondern bestückt werden, andererseits sollte die Position eines Transponders möglich leicht auffindbar sein, da ansonsten bei großen Bauteilen die Suche sehr mühsam und zeitaufwendig ist. Wie oben dargestellt, sind Konventionen für Gewerke zumindest innerhalb von Objekten zu definieren, wie dies im ARGE-Projekt „IntelliBau“ der TU Dresden vorgesehen ist. Diese Beschreibungen der festgelegten Transponder- Positionen lassen sich dann mit allen Transponder- IDs innerhalb des Gewerkes verknüpfen.

10 Demonstrator Lüftungsanlagen

10.1 Basisuntersuchungen

Um den sinnvollen Einsatz von RFID- Technologien im Bereich der Lüftungsanlagen bewerten zu können, ist zu untersuchen, welche Systeme von Lüftungsanlagen es gibt, welche Anforderungen an sie gestellt und welche Kennzeichnungen vorgenommen werden. Dabei sind auch unterschiedliche Anwendungsgebiete und der Nutzen für unterschiedliche Zielgruppen zu analysieren. Lüftungsanlagen sind systemtechnisch dem übergeordneten Begriff der Raumlufttechnischen Anlagen (RLT- Anlagen) mit Lüftungsfunktion zu zuordnen. Je nach Anzahl der thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen nach DIN 1946 [70] (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten) wird zwischen Abluftanlagen, Lüftungsanlagen, Teilklimaanlagen und Klimaanlagen unterschieden. Diese können sowohl im Bereich Nichtwohngebäude (Industriehallen, Bürogebäude) als auch im Bereich Wohngebäude zum Einsatz kommen.

Im Zuge der neuen Energieeinsparverordnung (EnEV 2007) wird der Gebäudetechnik zukünftig bei der Bewertung von Bedarfs- und Verbrauchskennwerten von Wohn- und Nichtwohngebäuden mehr Gewicht beigemessen. In Kombination mit erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz gewinnt der Einsatz von Lüftungsanlagen zunehmend an Bedeutung. Sowohl sensible Wärmelasten (Heizlast, Kühllast) als auch latente Wärmelasten (Feuchtelast) müssen sicher aus dem Gebäuden abgeführt werden, um einen Tauwasseranfall in der Gebäudekonstruktion zu vermeiden. Ebenso ist für die Behaglichkeit und aus Gründen der Hygiene ein bestimmter Mindestluftwechsel im Gebäude zu gewährleisten. Mit diesem Hintergrund werden die folgenden Betrachtungen am Demonstrator, ausgehend von der Annahme einer Lüftungsanlage (ohne spezielle thermodynamische Funktion) zur reinen Sicherstellung des erforderlichen Mindestluftwechsels, im Bereich Wohngebäude für eine Wohneinheit (1 Wohnung, 1 Einfamilienhaus) vorgenommen. Zusätzlich werden auch Ausblicke auf

das erweiterte Themenfeld gegeben und für das gesamte Gebiet der raumluft-technischen Anlagen (kurz RLT-Anlagen) Anwendungsgebiete für die RFID-Technik aufgezeigt.

10.1.1 Komponenten

Eine zentrale Wohnungslüftungsanlage ist aus einem Zentralgerät, Lüftungsleitungen und Luftdurchlässen aufgebaut. Weiteres Zubehör sind Schalldämpfer, Brandschutzklappen und Filter. Werden mehrere Wohneinheiten mit einer Anlage und einem zusammenhängenden Leitungssystem versorgt, dann werden auch Rückschlagklappen notwendig, damit keine Geruchs- oder Schadstoffübertragungen zwischen den Wohneinheiten stattfinden. Abhängig vom Einbauort und der geforderten Funktion sind die Komponenten einer Wohnungslüftungsanlage zu wählen. So müssen für ein Wohnzimmer andere Luftdurchlässe verwendet werden als für ein Badezimmer und in einem Einfamilienhaus können für Lüftleitungen brennbare Stoffe (Kunststoff) verwendet werden, während bei gemeinsamen Leistungssystemen in Mehrfamilienhäusern nur nicht brennbare Stoffe eingesetzt werden dürfen.

10.1.2 Wichtige Kennwerte

Eine Wohnungslüftungsanlage kennzeichnende Werte sind Systembeschreibung, Lage und Abfolge einzelner Komponenten, Wärmerückgewinnungseigenschaften, Energieeinsatz und Hygieneigenschaften. Neben der Systembeschreibung sind wichtige Kennwerte:

- Luftvolumenstrom,
- Druckverlust,
- Undichtheiten,
- Lufttemperatur,
- Wärmebereitstellungsgrad,
- Schalleistungspegel,
- elektrische Leistungsaufnahme,
- Filterklasse.

10.1.3 Häufige Fehlerquellen

Fehlerquellen bei Wohnungslüftungsanlagen sind in Planung, Montage, Abnahme und Betrieb möglich. Häufig kommt vor:

- falsche Dimensionierung,
- unpassende Rohrquerschnitte,
- nicht zusammenpassende Komponenten,
- falsche Luftvolumenströme,
- kein Volumenstromabgleich,
- mangelnde Wartung.

10.1.4 Normative und gesetzliche Anforderungen

Im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung (kurz: TGA) existiert ein umfangreiches Richtlinien- und Normenwerk. Speziell für die Wohnungslüftung gibt es als Produkt- und Prüfnormen die europäische Normenreihe DIN EN 13141 [68], die für verschiedene Bauteile Anforderungen Leistungsprüfungen und Kennwerte definiert. Zusätzlich werden für weiterführende Zusatzkomponenten Verweise auf Normen anderer TGA- Bereiche vorgenommen; z. B. für akustische Messungen oder Prüfungen von Wärmeüberträgern. Auf nationaler Ebene ergänzt die E DIN 4719 [69] diese Produktnormen mit weiteren Anforderungen, insbesondere bezüglich Hygiene und Energieeffizienz. Neben diesen Produktnormen bietet die Systemnorm E DIN 1946- 6 [70] eine Übersicht zu Anforderungen an Planung, Auswahl, Abnahme und Betrieb von Lüftungsanlagen. Auch hier wird besonderer Wert auf Hygiene und rationelle Energienutzung gelegt. In den weiteren Systemnormen DIN V 4701- 10 [71] und DIN V 18599- 6 [72], beide Teile der nationalen Umsetzungen der europäischen Richtlinie 2002/91/EG über Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [73], werden energetische Kennwerte für Lüftungsanlagen zur primärenergetischen Berechnung verlangt. Diese müssen durch Prüfung und Kennzeichnung der Bauteile bereitgestellt werden.

Für Wohnungslüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung wird in Deutschland eine Zulassung nach den Kriterien des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) verlangt. Darin werden neben Materialanforderungen auch Planungs-, Ausführungs- und Betriebsanforderungen gestellt sowie Messung und Einhaltung energetischer Kennwerte verlangt.

Die Verknüpfungen und Beziehungen zwischen den einzelnen Normen und Richtlinien im Bereich der Wohnungslüftung sind recht komplex (Bild 85). Neben den Komponenten der Wohnungslüftung sind auch weitere Komponenten der Gebäudetechnik zu berücksichtigen, die Einfluss auf die Lüftung nehmen wie z. B. Gebäudehüllflächen und Feuerstätten. Nicht nur der Wohnungslüftungsbereich ist durch viele normative Grundlagen verknüpft, sondern auch die weitere RLT- Technik. Wichtige Normen und Richtlinien sind beispielsweise VDI 6022- 1 [74] und - 2 [75], DIN EN 12599 [76], DIN EN 15239 [77], DIN EN 13779 [78], DIN EN 1886 [79], VDI 3801 [80], VDI 3809 [81]. Beispiele für Kennwerte und Kennzeichnungen aus Normen und Richtlinien zu System und Komponenten der Lüftungstechnik sowie RLT-Technik sind in Tabelle 25 angeführt.

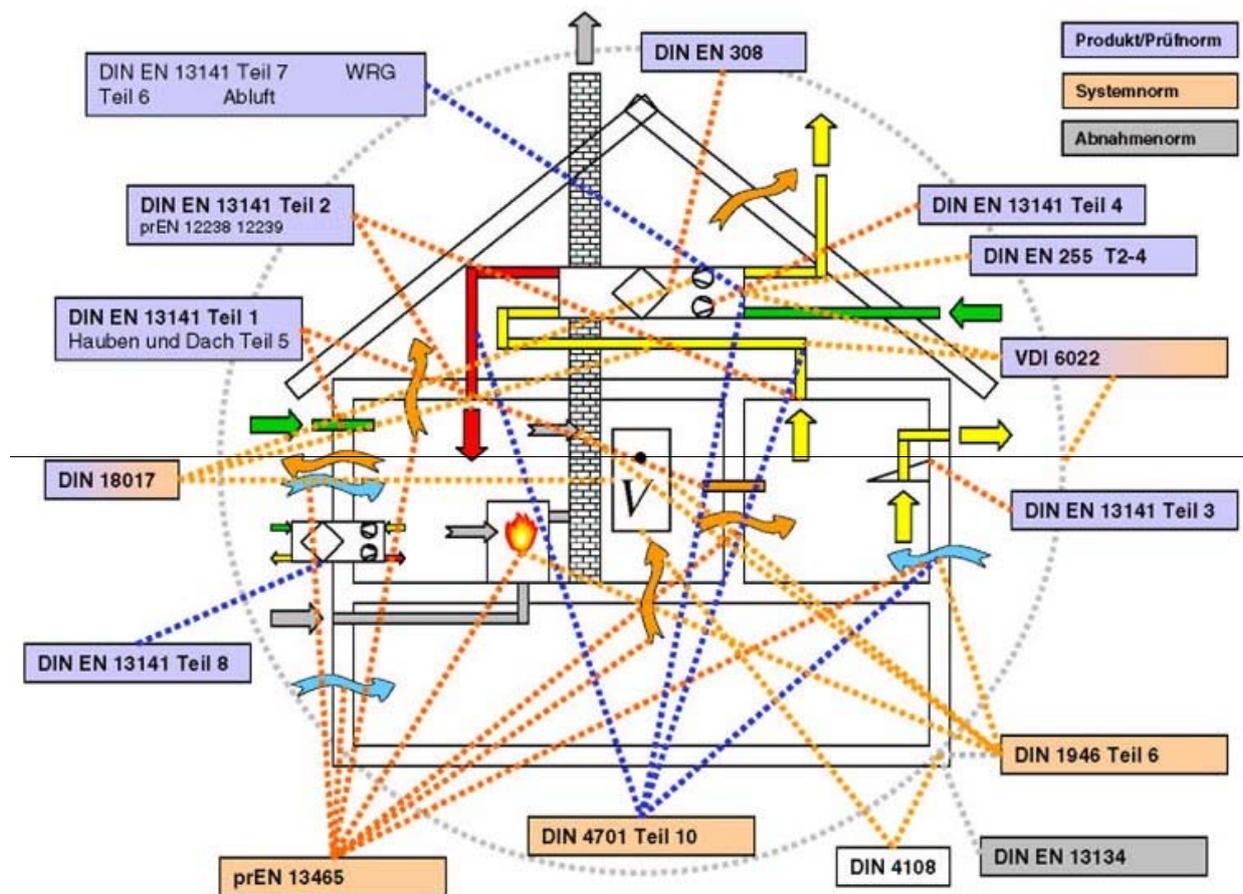


Bild 85:
Verknüpfung der verschiedenen Normen im Bereich der Wohnungslüftung.

Neben Normen und Richtlinien, die den Stand der Technik widerspiegeln und konkrete technische Anforderungen stellen, muss die gesetzliche Situation in Deutschland analysiert werden, da auch vom Gesetzgeber Vorschriften gemacht werden, die den Bau und Betrieb von Lüftungsanlagen reglementieren. Relevante Verordnungen sind im Bereich der Wohnungslüftung die Landesbauordnung (z. B. aus Baden- Württemberg [15]), Feuerungsverordnung (z. B. aus Baden- Württemberg [82]) und Energieeinsparverordnung 2007 [13]. Darüber hinaus gibt es die Lüftungsanlagen- Richtlinie [83], die Anforderungen an den Brandschutz stellt, aber nur für Wohngebäude größer zwei Wohnungen gilt. Aus der Landesbauordnung sind wenig allgemeine Grundanforderungen für eine Anwendung von RFID- Technik relevant:

- Betriebssicherheit und Brandsicherheit,
- keine Geruchs-, Staub- oder Schallübertragung an andere Räume,
- ausreichende Lüftung von Toilettenräumen und Bädern.

Aus der Feuerungsverordnung ist nur zu entnehmen, dass Lüftungsanlagen die Verbrennungsluftversorgung von Feuerstätten nicht behindern dürfen. Die Energieeinsparverordnung sieht Anforderungen an Dichtheit und Mindestluftwechsel von Gebäuden vor.

10.2 Ansatzpunkte für Kennzeichnung mit RFID

Nach E DIN 1946- 6 die Lüftungsanlage oder das Lüftungsgerät einer Wohnung mit einem Buchstaben-Zahlen-Code in sieben Stufen gekennzeichnet sein:

1. Stufe: Lüftungssystem
2. Stufe: Anordnung – Gerät
3. Stufe: Anordnung – Anlage
4. Stufe: Wärmerückgewinnung
5. Stufe: Energienutzung, rationeller Energieeinsatz
6. Stufe: Raumluftqualität, Hygiene
7. Stufe: Rückschlagklappe

Beispiel: ZabLS – Z – WE – WÜT – E – H – 0 mit den Abkürzungen:

ZabLS:	Ventilatorgestützte Lüftung; Zu- /Abluftsystem
Z:	Zentral
WE:	Wohnung im Mehrfamilienhaus
WÜT:	Wärmeübertrager
E:	Ausführung mit rationellem Energieeinsatz
H:	Hygieneausführung
0:	keine Rückschlagklappen

Nicht nur die Lüftungsanlagen und -geräte benötigen Kennzeichnungen, sondern auch die einzelnen Komponenten. Diese müssen konstruktiven Anforderungen entsprechen und auch im Falle von Wartung, Ersatzteillieferung oder Austausch zur Verbesserung der Anlage eindeutig in ihrer Spezifikation erkennbar sein. Sollen Ventilatoren nach DIN EN 13141- 4 [68] gekennzeichnet werden, dann müssen Leistungsprüfungen für aerodynamische und akustische Kennwerte sowie für elektrische Leistung vorgenommen und die Ergebnisse angegeben werden. Ebenso sind für alle anderen Lüftungsbauteile, wie Luftdurchlässe oder Luftleitungen, geeignete Kennwerte anzugeben. Einige Kennwerte ergeben erst durch Kopplung unterschiedlicher Komponenten beispielsweise zu einem vollständigen Rohrstrang eine funktionelle Einheit. So haben die einzelnen Luftdurchlässe, Luftleitungen und Ventilatoren einzelne akustische Kennwerte, aber erst deren Verknüpfung und die Berücksichtigung möglicherweise eingebauter Schalldämpfer ergeben einen endgültigen Kennwert für den belüfteten Raum. Daneben ergeben sich zusätzliche Anforderungen an Wohnungslüftungsanlagen aus E DIN 4719 für Hygiene, rationellen Energieeinsatz, Schallschutz oder den Einsatz von Rückschlagklappen. Diese Zusatzanforderungen müssen durch Prüfungen der Unterlagen, Bauteile oder durch Messungen bei der Abnahme nachgewiesen werden. Je besser bei diesem Nachweis die einzelnen Komponenten gekennzeichnet sind, desto einfacher und schneller können die Abnahmen stattfinden.

Beispiel: Rückschlagklappen müssen in einer Wohnungslüftungsanlage installiert werden, wenn mehrere Wohneinheiten mit einer gemeinsamen Hauptleitung betrieben werden. Die Kennzeichnung der Bauprodukte mit „RK“ darf erst erfolgen, wenn alle an sie gestellten Anforderungen überprüft sind:

- dichter Einbau in Abluftleitung,
- selbsttätig, dauerhaft dicht,
- Anleitung mit Hinweisen für sachgerechte Installation und Wartung,

- Rückschlagklappe erfüllt Dichtheit,
- Lüftungsgerät erfüllt Volumenstrom.

Neben normativen oder gesetzlichen Anforderungen gibt es auch Förderprogramme oder Sonderzertifizierungen, die einen eigenen Anforderungskatalog haben. So werden Passivhäuser in der Regel mit Lüftungsanlagen ausgestattet, da der niedrige Jahresheizwärmebedarf einen niedrigen Lüftungswärmeverlust voraussetzt. Um eine Zertifizierung als qualitätsgeprüftes Passivhaus zu bekommen, müssen Wohnhäuser eine hocheffiziente Wärmerückgewinnung erhalten [84]. Die als Beleg nötigen Prüfergebnisse – „PHI- Prüfverfahren“ oder DIBt- Messung – werden mit der auf dem RFID- Tag hinterlegt ID verknüpft und so kann bei der Passivhausabnahme eine Überprüfung stattfinden. Auf dem gleichen Weg werden die notwendigen Einregulierungen protokolliert.

Geht man über die reine Wohnungslüftungstechnik hinaus, werden auch in anderen Bereichen der RLT- Technik verschiedene Ansatzpunkte für RFID- Kennzeichnungen deutlich. In den letzten Jahren geht der Trend zum Angebot von anschlussfertigen und kommunikationsfähigen Komplettgeräten inklusiv Steuer- und Regeleinrichtungen (Klimageräte, Lüftungstechnik, Heiztechnikzentralen) durch namhaften Hersteller [85]. Bei derartigen Komplettgeräten, die innerhalb eines Gebäudes und der Gebäudeautomation eingebaut werden, ist es von Vorteil, wenn sie eine eindeutige Zuordnung zu ihrem Aufstellort und Informationen über ihre Steuer- und Regelungstechnik auf digitalem Wege erkennbar haben. Damit sind alle integrierten Einzelteile/ Komplettgeräte und ihre Position innerhalb einer integrierten Planung besser handhabbar.

Die technische Gebäudeausrüstung ist in der neuen Maschinen- Richtlinie 2006/42/EG [86] explizit nun aufgeführt. Danach stellt eine Klimaanlage eine Maschine im Sinne dieser Richtlinie dar und erfordert die CE-Kennzeichnung. Diese hat sichtbar z. B. mittels Etikettierung auf dem Produkt oder der Verpackung zu erfolgen. Dazu wird auch weiterhin das klassische Papier- Etikett zur einfachen Erkennung mit den Buchstaben „CE“ bestehen bleiben. Das zusätzlich nötige EG- Konformitätszertifikat und die EG- Konformitätserklärung können über die ID auf den RFID- Tags auf einem zentralen Server dokumentiert werden. Da beide in der jeweiligen Amtssprache des Mitgliedstaates vorzulegen sind, in dem das Produkt vertrieben oder verwendet werden soll, können diese gleich in der jeweiligen Landessprache hinterlegt werden, da umfangreiche Angaben gemacht werden müssen.

Tabelle 25:
Beispiele für Kennwerte und Kennzeichnungen aus Normen und Richtlinien zu System und Komponenten der Lüftungstechnik sowie RLT- Technik.

Norm	Inhalt	TGA- Bereich	Beispiel- Kennwert und RFID- Kennzeichnung
DIN EN 13141- 4 [68]	Ventilatoren	Wohnungslüftung	- Aerodynamische Kenngrößen (Volumenstrom- Druck- Kurven in Abhängigkeit von Spannung) - Akustische Kenngrößen (Schallleistungspegel für Oktavbänder) - Elektrische Kennwerte (Leistungsaufnahme in Abhängigkeit vom Volumenstrom)
E DIN 4719 [69]	Anforderungen, Leistungsprüfung, Kennzeichnung von Lüftungsgeräten	Wohnungslüftung	„E“- Kennzeichnung (Energie) - energetische Kenngrößen z. B. Wärmebereitstellungsgrad und volumenbezogener, elektrischer Hilfsenergiebedarf
E DIN EN 1946- 6 [70]	Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung	Wohnungslüftung	- bei Abnahme zu prüfen: Dokumente, Qualität, Vollständigkeit und Funktion
VDI 6022- 1 [74]	Hygiene- Anforderungen	RLT- Anlage; Hygiene	- mikrobiologische Belastung - Gehalt an organischen, anorganischen oder biologischen Inhaltsstoffen

10.3 Analyse Bauprozesse

Im Weiteren erfolgte für den Demonstrator „Wohnungslüftung“ eine ausführliche Analyse der Anwendungspotenziale einer elektronischen Kennzeichnung konkret anhand der ausgewählten Bauprozesse

- Ausgangs- und Eingangskontrolle, Transport,
- Montage,
- Abnahme,
- Facility Management, Wartung und Reparatur.

10.3.1 Ausgangs- und Eingangskontrolle, Transport

Mit Hilfe von RFID- Tags lassen sich schon während der Produktion von Baustoffen und Bauteilen Qualitätsprüfungen protokollieren. Durchgeführte Prüfungen und Kontrollen werden aufgezeichnet, Spezifikationen hinterlegt und bei Endkontrollen von zusammengebauten Bausystemen wird selbst bei verdeckter Einbaulage die Richtigkeit von äußerlich gleich aussehenden, aber mit verschiedenen Spezifikationen versehenen Einzelteilen überprüft. Beispielsweise kann in einem kompakten Wohnungslüftungsgerät ein falscher Ventilator eingebaut sein, der sich von der richtigen Ausführung nur im Schalldruckpegel un-

terscheidet. Dieser Unterschied ist durch eine Sichtkontrolle im eingebauten Zustand kaum möglich zu erkennen.

Am Einbauort einer Lüftungsanlage werden die gleichen RFID- Tags bei der Lieferkontrolle genutzt. Sofern eine elektronische Stückliste aus der Planung und ein entsprechender Lieferschein sowie vor Ort der Produkteingang über Tags ausgelesen wird, ist ein einfacher Abgleich der verschiedenen Auflistungen möglich. Alle hinterlegten Daten, wie Hersteller oder technische Daten (z. B. Leistungsaufnahme, Filterklasse oder akustische Kennwerte) werden im automatischen Soll- Ist- Vergleich analysiert. Sofern auch weiterführende Anforderungen gestellt sind, z. B. Hygieneanforderungen entsprechend VDI 6022, könnte die geforderte Sauberkeit bis zum Einbau beispielsweise über mit RFID-Tags versehene Verschlusskappen dokumentiert werden, welche erst beim Einbau eines Rohrstückes abzunehmen sind. Im Vorgriff auf das Fernziel „digitale Gebäudeakte“ ließe sich mittels RFID sehr kurzfristig für Technikräume und Technikzentralen eine digitale Anlagenakte implementieren:

Beispiel: Technikzentralen sind in der TGA besonders für die Sanitärtechnik, die Heiztechnik, die Raumlufttechnik und die Elektrotechnik (Gebäudeautomation) von Bedeutung (Bild 86). Wichtige Anlagenkomponenten in der Zentrale werden mit RFID- Tags versehen und alle notwendigen Informationen aller Tags später zu einer „Akte“ verknüpft. Ausgangspunkt ist die Kennzeichnung der Einzelkomponenten einer Lüftungs-, Klima- oder Heizzentrale schon ab Hersteller (Produkt- ID). Dies dient zum einen der internen Qualitätsüberwachung bei der Fertigung selbst, Logistikprozesse werden überwacht und die Anlage selbst (als funktionelle Einheit) oder einzelne Komponenten werden zweifelsfrei als vom gewünschten Hersteller geliefert identifiziert (= Plagiatenschutz).

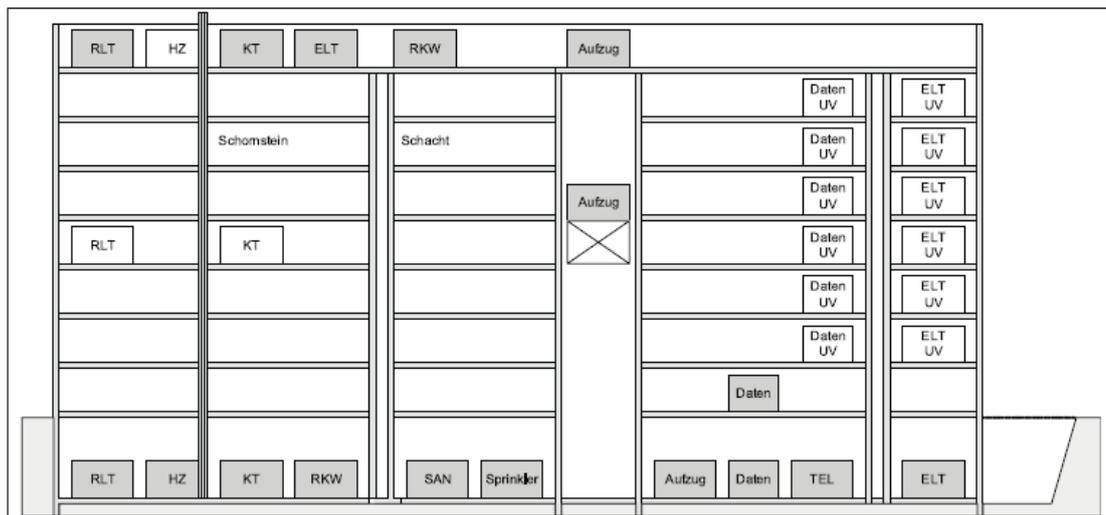


Bild 86:
Mögliche Technikzentralen eines Gebäudes, nach [87].

Bei größeren Bauvorhaben (Bild 87) kommen in einer Technikzentrale mehrere Kältemaschinen, Wärmepumpen, Wärmeerzeuger und sehr viele zugehörige Sicherheitseinrichtungen (Ventile, Stellklappen) vor. Ebenso trifft dies für die Leitungsverteilung (Luft, Wasser) zu, die für die Medienverteilung im Gebäude sorgt. Eine große statische Datenflut (Art und Anzahl von Geräten, Zuordnung von Wasser- und Luftkreisläufen) ist hier zu erfassen. Ein großer Zeitaufwand entsteht bei einer Prüfung der Komponenten per Handabgleich am Typenschild. Die Möglichkeit der Pulkerfassung mehrerer Komponenten durch RFID-Technik könnte den Arbeitsaufwand bei der Vollständigkeitsprüfung der Technikzentrale erheblich reduzieren, allerdings ist diese nur bei HF- und UHF-Transpondern möglich, wird jedoch bei der LF-Technik, auf Grund der kurzen Lesereichweite, nicht erstützt. Letztere bieten jedoch den Vorteil, dass neben der automatischen Erfassung gleichzeitig eine Positionskontrolle erfolgen muss, so dass Verwechslungen ausgeschlossen werden können.



Bild 87:
Einblick in die Technikzentrale der neuen Messe Stuttgart [88].

Mittels RFID- Kennzeichnung werden auch Querverbindungen zwischen den Anlagenkomponenten hergestellt, beispielsweise welche Anlagenkomponente besonders effizient mit anderen zusammenarbeiten. Wichtige zu kennzeichnende Bauteile sind: Heizkessel, Brenner, Wärmeübertrager, Pumpen, Sicherheitseinrichtungen (z.B. Überdruckventile, Ausdehnungsgefäß), Rohrleitungen, Kältemaschinen und Klimageräte. Deren Energieverbrauch hat maßgeblichen Einfluss auf die Gesamtenergiekosten. Sie sollten stets am optimalen Betriebspunkt arbeiten, um unnötigen Energieverbrauch zu vermeiden. Gleiches gilt nicht nur für Energie, sondern auch für den unnötigen Verbrauch von Wasser, Druckluft oder für störende Lärmemission oder Vibration durch suboptimalen Betrieb von Komponenten. Zu berücksichtigen bei der Transponder- Systemauswahl sind die im TGA- Bereich überwiegend vorherrschenden metallischen Untergründe, evt. störende elektromagnetische Felder von Antriebsaggregaten und magnetischen Ventilen (siehe Kapitel 3.1).

10.3.2 Montage

Auf der Baustelle werden aus unterschiedlichen Einzelteilen Anlagen als „funktionelle Einheiten“ vor Ort zusammengesetzt. Ein RFID- Tag auf einer Verpa-

ckung würde im Müll landen und wäre somit für die weiteren Prozesse verloren. Somit bleibt nur das „taggen“ direkt auf einer Komponente oder am Gerät. Problematisch sind Zuschnittartikel, wie beispielsweise Rohrleitungen. Durch das notwendige Einpassen auf der Baustelle muss sichergestellt sein, dass die eingebauten Abschnitte zumindest überwiegend eine Kennzeichnung tragen. Entweder erfolgt dies durch eine regelmäßige Kennzeichnung, z.B. alle 50 cm, oder der Ausführende kennzeichnet einzelne Rohrabschnitte nach dem Ablängen manuell. Ersteres verteuert die Produkte erheblich, letzteres birgt mögliche Fehler- und Manipulationsquellen und erfordert zusätzliche Arbeiten für Montage der Transponder sowie Kontrollsysteme beim Einlesen dieser Daten in die Datenbanken. Durch die Verknüpfung der Transponder- ID kann bei Einbauschwierigkeiten gezielt nachgeprüft werden, welches Bauteil mit welchen zusammen gebaut werden muss. Weiterhin lassen sich Rahmenbedingungen des Einbaus (z. B. aufgetretene technische Mängel, Einbausituation, einbauender Fachhandwerker) für die aufgebaute Anlage festhalten, um bei späterer Abnahme oder Gewährleistungsüberprüfungen darauf zurückgreifen zu können.

Kenntlich gemacht werden vorzugsweise technische Daten wie Hersteller, Bauart, Typbezeichnung, Herstellnummer, Baujahr und betriebsabhängige Kenngrößen durch eine Verlinkung mit der auf dem RFID- Tag hinterlegten ID. Sinnvoll bleibt allerdings auch weiterhin die Kopplung mit dem klassische Typenschild (Etikett, Barcode etc.), damit dem Monteur ein einfacher Überblick, z. B. bei offen verlegten Rohrleitungssystemen, möglich ist. Bei Rohrleitungen sollte die Etikettierung gut sichtbar am Anfang, am Ende und an Verzweigungen angebracht werden. Farblich zu kennzeichnen sind Durchflussstoff (Kennbuchstabe) und Durchflussrichtung (Pfeil) über durchgehende Lackierung oder Farbringe [89]. Mit RFID-Tags werden die zu einer funktionellen Einheit gehörenden Rohrleitungen gekennzeichnet und über die Verknüpfung mit der entsprechenden ID stehen dann alle betriebsrelevanten Daten zur Verfügung.

10.3.3 Abnahme

Im Bereich der Abnahme gibt es vielfältige Vorteile, wenn Bauteile und Produkte mit RFID- Tags ausgestattet sind. Z. B. ist es einfach den Planungsstand mit der tatsächlichen Ausführung zu vergleichen, wenn beide Abschnitte als digitale Pläne vorliegen und gleichartige Datenstrukturen haben. Dann lassen sich Planungszeichnungen mit Stücklisten und Ausführungsbestandsaufnahmen direkt abgleichen und protokollieren. Ansätze für eine „integrale Planung“ mit „Schnittstellenmanagement“ sind auch in der E VDI 6026 [90] zu finden. Kombiniert man die durchgängig digitale Planung mit einer RFID- Kennzeichnung, so erhält man die Möglichkeit alle Planungsschritte und geplante Komponenten sowie zugehörige Informationen auf einem zentralen Datenserver durch RFID- ID gespeichert zu bekommen. Darüber hinaus werden Checklisten zu Unterlagen-, Sicht- und Messprüfungen, die nach manchen Normen bei Abnahme durchzuführen sind, direkt auf einem zentralen Tag- Verwaltungsserver abgelegt. Zunächst als Forderung – Leerformular – und dann bei/ nach der Abnahme als ausgefüllte Tabelle. Auf diesem Weg steht jedem Beteiligten mit Lesegerät die gesamte Abnahmeinformaton zur Verfügung. Ebenso sind dort festgestellte Abweichungen und Fristen für Korrekturmaßnahmen festgehalten.

Im Bereich der Wohnungslüftungsanlagen besteht die Abnahme nach E DIN 1946- 6 aus einer Überprüfung der Dokumentation, Qualität, Vollständigkeit

und Funktion (durch Prüfung und Messung); dafür gibt es in den normativen und informativen Anhängen der Norm vorgesehene Checklisten. In der E DIN 4719 gibt es weitere Anforderungen an Kennwert und Nachweisart (Unterlagen, Sichtprüfung oder Messung) mit Checklisten in normativen Anhängen. Ähnliches wie bei den Wohnungslüftungsanlagen gilt auch in der gesamten Heiz- und Raumluftechnik. Die Abnahmeprüfung umfasst i. a. die Vollständigkeitsprüfung, die Funktionsprüfung und die Funktionsmessung. In der DIN EN 12599 sind die einzelnen erforderlichen Durchführungsschritte für RLT-Anlagen beschrieben. Für die Prüfung von heiztechnischen Anlagen ist die VDI 3809 maßgeblich.

Beispiel: Die Vollständigkeitsprüfung nach DIN EN 12599 sieht zu aller erst die Überprüfung der gelieferten Teile mit dem Auftragsumfang vor (Abgleich anhand der Leistungsbeschreibung). Sind die Anlagenkomponenten vorher bereits mit RFID- Tags versehen, lässt sich durch Auslesen schnell deren Anzahl und Vorhandensein (v. a. von Sicherheitseinrichtungen wie Brandschutzklappen, Überlastschutz und Frostschutzfühler) ermitteln. Dies eignet sich v. a. bei großen Kompaktgeräten, bei denen die Zugänglichkeit von Komponenten (beispielsweise Staubfilter) nicht immer offensichtlich gewährt ist. Wenn auf diese Weise Handgriffe vermeidbar sind, ist der Aufwand der Vollständigkeitsabnahme reduzierbar.

Ebenso können bei versäumter Zwischenabnahme (z. B. bereits verdeckt verlegte Rohrleitungen) diese auch in der Wand, im Boden oder an anderen unzugänglichen Stellen eindeutig identifiziert werden. Ein eindeutiges Baufortschrittscontrolling anhand der Dokumentation von Einbau und Zwischenabnahmen auf dem Weg der Erfassung zur funktionellen Einheit ist möglich.

In der VDI 3809 werden die Prüfgegenstände einer Heizanlage aufgelistet. Sinnvoll im Rahmen der Abnahme ist hier v. a. der Produkt- Tag für die Wärmeerzeugeranlagen, die sicherheitstechnische Ausrüstung, die Pumpen, die Regelung, Abgasanlage und den Wassererwärmer. Zu beachten ist immer, dass die Anlagenkomponenten einen Großteil der Investition für die TGA ausmachen. Nach VDI 3809 sind als Grundlage der Prüfung die behördlichen Vorschriften bezüglich Sicherheit, Schallschutz, Wärmeschutz, Energieeinsparung, Immissionsschutz zu beachten. Gegebenfalls muss das Bedienpersonal der Anlage eingewiesen werden und die vertragsrechtlich vereinbarten Unterlagen durch den Anlagenhersteller erbracht werden. Das Vorliegen von Bemessungs- und Berechnungsunterlagen, Prüfbescheinigungen, Revisionsunterlagen sowie Bedienungsanweisungen ist ebenfalls Prüfvoraussetzung. Nur so kann festgestellt werden, ob die sicherheitstechnischen Vorschriften eingehalten und ob die Bauelemente unter Beachtung der technischen, behördlichen Vorschriften und den Regeln der Technik entsprechend ordnungsgemäß eingebaut sind. Höhere Anschaulichkeit und Überprüfbarkeit von komplexeren Planungsdetails lassen sich mittels RFID ebenfalls realisieren. Die direkte digitale Verknüpfung der Anlagenkomponenten bei Kennzeichnung über RFID mit Vorgaben im Anlagen-, Montageplan oder Bestandsplan vereinfachen die Überprüfung der korrekten Ausführung erheblich gegenüber einer Kennzeichnung über Barcode.

Beispiel: Die Anordnung von Heizkörpern und Rohrleitungen wird üblicherweise im Rohrplan festgelegt und mit der Produkt- ID der einzelnen Heizkörper verknüpft. Bei der Abnahme wird die Heizkörper- ID vor Ort ausgelesen und über-

prüft, ob sich der Heizkörper an der richtigen Stelle befindet. Ebenso ist die eindeutige Positionszuordnung des Heizkörpers beim Einbau gewährleistet, da auch der Monteur bei Einbauzweifeln schnell die richtige Position zuordnen kann. Die RFID- Technik lohnt sich in diesem Zusammenhang beim Einsatz von 3D- Werkzeugen (Planungstools: siehe Bild 88). Zum einen verlangen Bauherren diese Form der Planung häufig schon im Vorhinein. Zum anderen kann sie dem Fachhandwerker vor Ort durch Visualisierung den Einbau erleichtern.

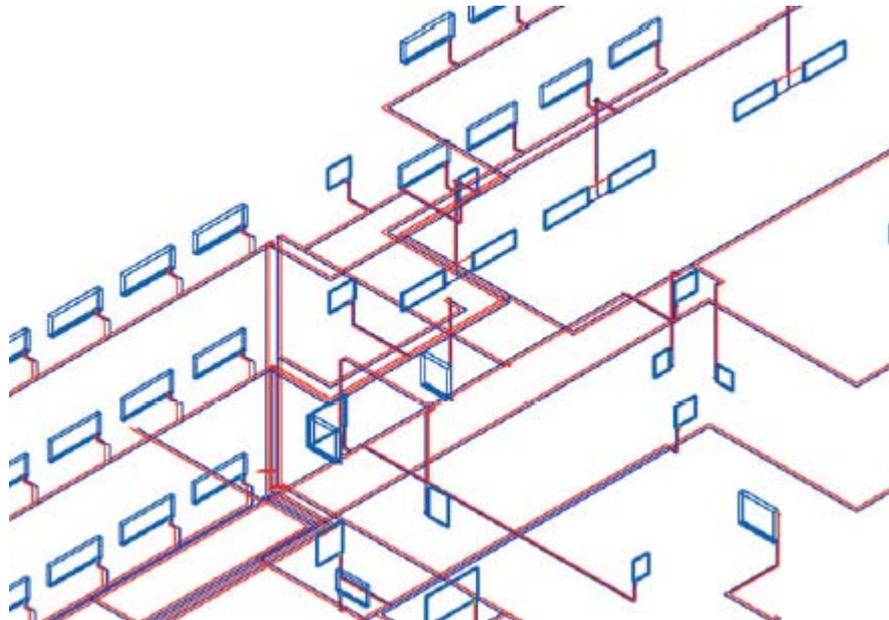


Bild 88:
Strangschemaauszüge (3D), nach [91].

Die richtige Zuordnung der Heizkörper beim Einbau ist wichtig, da bei mehreren Heizkreisen verschiedene Heizkörper und Wärmeerzeuger auch mit unterschiedlichen Vor- und Rücklauftemperaturen betrieben werden können. Nicht jeder Heizkörper eignet sich dafür und kann durch seine Leistungsabgabe in den Raum dessen Behaglichkeit laut Nutzeranforderung gewährleisten. Aus dem Rohrplan werden Strangschemaschemata entwickelt, aus diesen wiederum die aufzubringende Druckerhöhung durch die Pumpe (bei Lüftungsleitungen durch den Ventilator) und letztlich auch zugehörige Massenströme für die Heizflächen (Wasser oder Luft) an einer bestimmten Position.

Weitere Einsatzgebiete von RFID- Tags für Wohnungslüftungsanlagen, aber auch größere Anlagen, ist die Möglichkeit Einregulierungswerte zu dokumentieren. So können beispielsweise Volumenströme der Lüftungsanlage oder Volumenströme für Zuluft- Durchlässe auf dem zentralen Datenserver mit jeder entsprechenden RFID- Tag- ID verknüpft hinterlegt werden, die bei der Abnahme und der Einregulierung abgefragt und nach Justierung bestätigt werden.

Neben den Komponentenangaben bei der Abnahme und Einregulierung können weitere Gewerke übergreifende Gebäudedaten mit einbezogen werden. So benötigt man beispielsweise Daten zur Gebäudedichtheit, um die Anlagenluftvolumenströme richtig einzustellen. Ebenso sind diese Daten für sich allein genommen eine Voraussetzung zur Erfüllung mancher Anforderung an Wohnungslüftungen (siehe Passivhauskriterien [84]). Dies kann jedoch erst im Rah-

men der digitalen Gebäudeakte vollständig zur Umsetzung kommen. Alle Planungs-, Ausführungs-, Abnahme- und Betriebsdaten lassen sich mit RFID-Tags der Komponenten und Anlagen verknüpfen, so dass aus der Sammlung aller Tag-Daten eine vollständige Dokumentensammlung entsteht und diese sowohl elektronisch bereitsteht, als auch gesammelt ausdrückbar ist und somit lückenlos verfügbar ist. Diese Daten lassen sich auch für weitere Nachweise nutzen, wie z. B. für die Erstellung eines Energie- oder Gebäudeausweises, der für viele Wohngebäude nach der EnEV 2007 Pflicht ist [13].

10.3.4 Facility Management, Wartung und Reparatur

In der Betriebsphase von Lüftungsanlagen tragen RFID-Tags an den Anlagenkomponenten auf verschiedene Weise zur Erleichterung des störungslosen Betriebs bei. Es ist möglich auf einem zentralen Datenserver verknüpft mit der Produkt-ID Wartungsanweisungen und -protokolle zu hinterlegen, ein Informationssystem zu Fachhandwerkern aufzubauen und die Ersatzteilbeschaffung über automatisierte elektronische Wege zu organisieren. Ebenso können Wartungsaufforderungen und Inspektionsvorschläge über dieses zentrale ID-Verwaltungssystem zum Anlagenbetreiber gelangen.

Konkret ist die Sicherstellung der Anlagenkompatibilität auch bei Austausch von Verschleißteilen sehr wichtig. Ein Pumpenhersteller bietet zum Beispiel schon die SMS-Abfrage von möglichen Ersatzmodellen bei Austausch von defekten Pumpen an. Unter Angabe von passenden Pumpentypen, technischen Daten, Artikelnummern und Informationen zu eventuell benötigten Passteilen erhält der Kunde Antwort auf Eintippen der Typbezeichnung per SMS [92]. Bei nicht eindeutigen Anfragen (Typenschild beschmutzt oder nicht mehr leserlich) werden automatisch in Frage kommende Modelle aufgelistet anhand derer gezielt ein Typ zur Anfrage ausgewählt werden kann. Hier kann die Anfrage per RFID-Tag-Auslesung der Produkt-ID sofort die konkreten Ersatzpumpen benennen, wenn der Hersteller diese unter dieser ID in seinem System führt.

Denkbar ist der Einsatz von RFID im Zuge von Wartung und Instandhaltung auch für die Sicherung von Garantieansprüchen des Kunden beim Hersteller für erworbene Geräte. So heißt es z. B. in den Garantiebedingungen eines Herstellers: „Werden Arbeiten an dem Gerät nicht von unserem Werkskundendienst oder von einem anerkannten Fachhandwerksbetrieb vorgenommen, so erlischt die Garantie. Das gilt auch, wenn in das Gerät Teile eingebaut werden oder das Gerät mit Teilen verbunden wird, die nicht von ... zugelassen worden sind. Als Nachweis Ihres Garantieanspruches gegenüber dem Werkskundendienst gilt die Kaufquittung oder die Rechnung des Fachhandwerkers. Bitte bewahren Sie diese daher sorgfältig auf!“ [92].

Beispiel: Auf dem zentralen Datenserver werden zusätzlich zur Produkt-ID die Garantiebedingungen für die Anlagenkomponente hinterlegt. Fachbetrieben und Werkskundendiensten wird ebenfalls eine ID zugeordnet und damit die Befugnisse bei Service und Wartung verknüpft. Somit wird sichergestellt, dass Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten oder der Einbau von Ersatzteilen nur vom zulässigen Fachbetrieb ausgeführt werden. Die Kontrolle, ob z. B. Ersatzteile Gerätekompatibilität aufweisen oder vom Hersteller als gleichwertig eingestuft werden, ist durch die eindeutige Identifikation zweifelsfrei möglich. Die

Aufbereitung von Checklisten und die Dokumentation (Belegverwahrung) erfolgen wiederum elektronisch und können bei Bedarf ausgedruckt werden.

Im einfachsten Fall erfolgt der Zugang zu den Daten für Hersteller und Kunde über ein Online- Service- Portal, über welches heute schon vielfach im Bereich Betriebskostenerfassung oder Anlagenoptimierung kommuniziert wird (vgl. auch Kap. 6.4, Bild 42). Vorteile ergeben sich für beide Nutzer daraus, dass ihnen zur selben Zeit dieselben Daten zu allen Randbedingungen des Gewährleistungsanspruches zur Verfügung stünden. Der Kunde kann sich den Anspruch auf Gewährleistung auch ohne Notwendigkeit eigener „Zettelwirtschaft“ (Aufbewahrung von Kaufbelegen) und ohne eigenen Aufwand, sichern. Dem Hersteller bietet sich die Möglichkeit die Daten weiter für eine interne Qualitätskontrolle und Überwachung seiner Produkte (Gewährleistungsverfolgung), für vereinfachtes und kontrolliertes Ersatzteilmanagement und zur internen Überwachung der Kosten durch die Realisierung von Gewährleistungsansprüchen zu verwenden. In Anbetracht der Tatsache, dass die allgemeine Gewährleistungsfrist der Hersteller 24 Monate beträgt und schon im 3- Monatsabstand Wartungsarbeiten an Einzelkomponenten eines Gerätes anfallen können, sind diese Arbeiten frühzeitig und exakt auszuführen und zu dokumentieren.

Ebenso setzt z. B. die KfW- Förderbank zur finanziellen Unterstützung bei Heizungsanierungen voraus, dass der oft unterlassene hydraulische Abgleich (im Jahr 2005 nur bei 10 % der gesamt in Deutschland installierten Anlagen durchgeführt – Forschungsprojekt „Optimus“ [94]) von Heizungsanlagen durch den Fachbetrieb vorgenommen werden muss. Hier besteht durchaus Handlungsbedarf, um ungleichmäßige Wärmeverteilung, überhöhten Energieverbrauch und unerwünschte Strömungs- und Ventilgeräusche zu vermeiden.

Durch Einbezug der TGA in die neue Maschinen- Richtlinie 2006/42/EG und Änderungen im Bereich Dokumentation, fallen neue Pflichten für Maschinenhersteller an. So ist explizit ein „Dokumentationsverantwortlicher“ vom Hersteller mit Sitz in der EU anzugeben. Dieser muss innerhalb einer angemessenen Frist dazu befähigt sein, die Dokumentation zusammen und zur Verfügung zu stellen. Dies gilt insbesondere auch zukünftig für unvollständige Maschinen im Sinne der Richtlinie. Weitere Pflichten der Hersteller sind u. a. die Einhaltung von Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen, die Erstellung und Bereithaltung der technischen Unterlagen, das Ausstellen und Aushändigen der Konformitätserklärung (CE- Kennzeichnung), die Erstellung und Aushändigung der Montageanleitung sowie einer Einbauerklärung [95].

Beispiel: *Kraftbetriebene Klimaanlage stellen Maschinen i. S. der Maschinen- Richtlinie dar. Zur Erleichterung der Arbeiten für den Dokumentationsverantwortlichen werden technische Unterlagen, Zertifikate, Konformitätserklärungen, Montageanleitungen, Abnahmeprotokolle sowie Handbücher elektronisch auf dem zentralen Datenserver mit der Produkt - ID des Tag verknüpft abgelegt. Zweckmäßig kann dies für große Einzelkomponenten (Ventilator, Pumpe, Wärmeerzeuger, Wärmeübertrager) geschehen, welche selber recht komplex aufgebaut sein können. Dem Verantwortlichen stehen durch digitale Aufbereitung der Tag- Daten in einer Datenbank alle wesentlichen Informationen ständig zur Verfügung und erleichtert ihm die Arbeit bei der Zusammenstellung der Dokumentationsunterlagen.*

Durch die Verknüpfung der Daten mit der RFID- Tag- ID vor Ort an der Anlage, kann sich der Servicetechniker beispielsweise „Papierkrieg“ ersparen, Disposition (Ersatzteilbestellung) und Abrechnung lassen sich automatisieren. Zum anderen stehen bei Wechsel der Servicegesellschaft oder Wechsel des Fachhandwerkers jedem neuen gleichfalls alle Daten der Dokumentation bezüglich der Anlagenkomponenten zur Verfügung. Überarbeitete Benutzerhandbücher, neue Erkenntnisse über den Betrieb mit bestimmten Anlagenkomponenten, könnten direkt elektronisch auf den Tag eingepflegt werden. Der Nutzer bleibt stets hochaktuell informiert.

Durch Einpflege auch fremdsprachiger Anleitungen kann sowohl für den Kunden als auch den Servicetechniker bei Bedarf (Verständnisschwierigkeiten auf Grund unzureichender Kenntnis der Landessprache) erhöhte Anwendungssicherheit beim Betreiben oder Warten der Anlage gewährleistet werden. Wünscht der Kunde eine Bedien- und Wartungsanleitung in schriftlicher Form, kann diesem Wunsch durch einfachen Ausdruck entsprochen werden (wie heute in der IT- Branche bei „Kleingeräten“ üblich). Neben herstellerspezifischen Vorgaben für die Wartung von RLT- Anlagen ist im Weiteren die VDI 6022 zu beachten. Es sind danach verschiedene Prüfarbeiten vorzunehmen, die neben der Begehung der Anlage, einer schriftliche Mitteilung über die Untersuchungsergebnisse und die Messung von relevanten Parametern (Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit, Luftkeimverhältnisse, Staubkonzentration) an repräsentativen Stellen und zugehörigen Räumen, nötig sind (Tabelle 26).

Tabelle 26:
Prüfarbeiten nach VDI 6022.

Kapitel	Komponente	Prüfarbeit
5.2	Alle	- häufige Sichtkontrolle - stichpunktartige mikrobiologische Kontrollen - Dokumentation
5.2.3	Alle	- Erst- Hygieneinspektion und Wiederholungs- Hygieneinspektion: Festlegung der Probeentnahme- Orte, Überprüfung der Planung, Fertigung, Ausführung und Betriebs sowie erweiterte Sichtprüfung, mikrobiologische Untersuchung, Dokumentation
5.4.1	Außen- /Fortluftdurchlässe	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion - ggf. Reinigen, Instandsetzen
5.4.2	Dezentrale RLT- Geräte/ Er- geräte	- jedes interne Bauteil auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion prüfen - ggf. Reinigen, Instandsetzen , Lüftfilter wechseln
5.4.3	Entfeuchter	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion, Tropfendurchschlag - Funktionsprüfung - Reinigen, ggf. Instandsetzen
5.4.4	Kammerzentralen/ Gerätege- häuse	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion, Wasserniederschlag - ggf. Reinigen, Instandsetzen
5.4.5	Kühldecken	- Funktionsprüfung, Dichtheitsprüfung - Reinigung/Desinfektion der Kondensatwanne
5.4.6	Luftbefeuchter	- Prüfung auf Verschmutzung, Beschädigung, mikrobiellen Wachstum, Korrosion, Ablagerungen - Funktionsprüfungen - ggf. Reinigen, Instandsetzen
5.4.7	Luftdurchlässe	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion - ggf. Reinigen, Austauschen
5.4.8	Luftfilter	- Prüfen auf unzulässige Verschmutzung, Beschädigung, Gerüche - Differenzdruck prüfen - ggf. Auswechseln
5.4.9	Luftleitungen	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion, Wasserniederschlag - ggf. Instandsetzen
5.4.10	Rückkühlwerke	- Prüfen auf Beschädigung, Korrosion - ggf. Instandsetzen - Ermittlung der Gesamtkoloniezahl - ggf. Desinfektion oder kontinuierliche Entkeimung
5.4.11	Schalldämpfer	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion - ggf. Instandsetzen
5.4.12	Ventilator	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion - ggf. Reinigen, Instandsetzen
5.4.13, 5.4.14	Wärmeübertrager	- Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion, Dichtheit - Funktionsprüfung - ggf. Reinigen, Instandsetzen

Die vorgeschriebenen Sichtprüfungen auf Verschmutzung und Korrosion werden auch in Zukunft unerlässlich bleiben. Das Ablaufbeispiel zum Themenpunkt Gewährleistungsmanagement ist hier übertragbar. Da die Hygieneinspektion ebenfalls nur von ausgewiesenem Fachpersonal durchgeführt werden kann, erhalten auch diese eine ID zur Identifikation und hinterlassen ihre Notizen zur Kontrolle elektronisch auf dem zentralen Datenserver unter der Tag- ID. Auch Komponenten mit längerer Lebensdauer, wie beispielsweise Luftbefeuchter, Wärmeübertrager, Schalldämpfer und Ventilatoren sollten gekennzeichnet werden. Da Luftfilter einer kürzeren Lebensdauer unterliegen (Verschleißteile) und häufiger bei Bedarf ausgetauscht werden, stellt deren Produkt- ID sicher, dass richtige Ersatzfilter beschafft werden können.

Bei der Komponente Luftbefeuchter kann sich der Einsatz eines Feuchte- oder Temperatur- Sensor- Tags als nützlich erweisen, da das Ausscheiden von Wasser aus der Luft abhängig von Luftfeuchte und -temperatur beeinflusst wird. Erreicht die Temperatur den Taupunkt oder sinkt darunter, gibt ein aktiver Sensor- Tag das Signal an eine Basisstation weiter oder speichert („loggt“) zumindest die Ereignisse für eine spätere Kontrolle. Kondensat und Tropfen sind nach dem Tropfenabscheider stets zu vermeiden. Zum Thema Staubkonzentration und Keimzellenbefall wird man nicht auf Laboruntersuchungen verzichten können. Interessant wären allerdings Erkenntnisse, inwieweit ein Zusammenhang zwischen Wasserverschmutzung oder Luftverschmutzung (Keimzellenbefall) und dem pH- Wert bestehen. Inwiefern pH- Wert Messungen mittels aktiver RFID- Sensoren als indirekte Verschmutzungsmessung zielführend wäre, muss in einer nächsten Projektphase geprüft werden.

Im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung ist es auch üblich, nicht nur eine Anlage zu errichten, sondern mit verschiedenen Produkten auch zugehörige Dienstleistungen zu verkaufen. Das macht das Beispiel des Contracting- Modells deutlich [95]. Contracting bezeichnet im Groben eine Form der Organisation und Sicherstellung der Energieversorgung. Zwischen Anlagenutzer (oft Hauseigentümer) und einem Contractor wird ein Vertrag über die Lieferung von Wärme geschlossen. Den Betrieb und den Unterhalt einschließlich aller anfallenden Instandhaltungsmaßnahmen für die Wärmeerzeugungsanlage sowie das Risiko für die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Wärmeversorgung übernimmt der Contractor [96]. Der Anlagennutzer hingegen trägt neben vereinbarten Grundkosten, die Kosten der verbrauchten Wärme. Der Bauherr erhält bei diesem Modell so alle Leistungen und die Gewährleistung aus einer Hand. Die Verträge laufen in der Regel 15 Jahre mit jährlicher Kündigungsmöglichkeit. Nach Vertragsende kann die Anlage vom Kunden erworben werden. Werden die Anlagen durch RFID- Tags gekennzeichnet, böte sich dem Contractor die Möglichkeit zur vereinfachten Aufnahme seines zur Verfügung gestellten Inventars bei mehreren Kunden (siehe auch Tabelle 16). Wie eine Art „Gerätepark- Verwaltung“ könnte dies funktionieren. Stichprobenartig oder in regelmäßigen Abständen lässt der Contractor die einzelnen Anlagen aufnehmen (Was ist vorhanden?) und die Dokumentation von Service- und Wartungsarbeiten durchführen (Welche Arbeiten sind im Laufe der Zeit durchgeführt worden?). Hier empfiehlt sich der Einsatz von aktiven Transpondern, welche eine deutlich größere Lesereichweite zulassen und somit im Gegensatz zur passiven LF- Technologie auch außerhalb des Gebäudes ohne Beeinträchtigung der Bewohner ausgelesen werden können. Eine Übersicht vorgenannter Vorschläge ist in Tabelle 27 gegeben.

Tabelle 27:
Vorschläge zur RFID- Kennzeichnung im Bereich Lüftungsanlagen.

Kapitel	Vorschlag	Anwendung; Vor- /Nachteile
10.2	Kennzeichnung nach Normen	+ systematische, einheitliche Kennzeichnung + digitale Datenverarbeitung möglich - hoher Aufwand bei vielen Einzelkomponenten
10.2	Kennzeichnung mit Zusatzanforderungen	+ Informationen direkt am Produkt einsehbar + Abnahmeprüfung direkt am Produkt abgleichbar - zur Nutzung ist technischer Aufwand groß
10.2	CE- Konformitätserklärung	+ direkte Verfügbarkeit in vielen Sprachen
10.3.1	Qualitätsprüfung	+ Mehrfachnutzen der Produkt- Tags + Möglichkeit eines digitalen QM- Systems + Kontrollmöglichkeit nach Endmontage im Werk - Aufbau eines neuen Kontrollsystems
10.3.1	Lieferkontrolle	+ einfache Vollständigkeits- und Richtigkeitskontrolle + Liefer- und Lagerungskontrolle + Abstimmungsüberprüfung einzelner Komponenten - Probleme bei Verlust der Tags
10.3.2	Montagehilfe	+ Montageanleitung bei Einbauschwierigkeiten - unklare Einbauhäufigkeit und -stelle
10.3.3	Abnahmeverwaltung	+ durchgängig digitale Protokolle + direkter Zugriff auf digitale Planungsdaten + digitaler Soll- /Ist- Vergleich - spezielle Hardware notwendig
10.3.3	Überprüfung einzuhaltender Anforderungen	+ vollständig digitale Bearbeitung geforderte Kennwerte vor Ort (Planung, Prüfung) - durchgängige Kennzeichnung unbedingt erforderlich
10.3.4	Wartungsverwaltung	+ direkter Zugriff vor Ort auf Wartungsprotokolle und Wartungsaufforderungen + Direktverknüpfung zu möglichen Ersatzteilen + Identifizierung des Fachhandwerkers + Gewährleistungsverfolgung + Aktualisierungsmöglichkeiten während des Betriebs - verschiedene Gewerke müssen sich auf ein technisches Informationssystem einigen

10.4 Analyse am RFID- Demonstrator

Mit Hilfe des Demonstrators im Modell- Maßstab sollen ausgewählte RFID- Anwendungen des Teilprojektes Kennzahlen und Bauqualität analysiert werden. Hierfür werden am Beispiel Lüftungstechnik, stellvertretend-Szenarien für unterschiedliche Prozesse dargestellt. Schwerpunkte sind Einbau, Abnahme und Wartung. Ziel ist es, anhand des Exponates den möglichen Mehrnutzen der RFID- Technologie im Gegensatz zur klassischen Kennzeichnung darzustellen. Der Demonstrator soll dabei als „Diskussionsgrundlage“ bei Besprechungen, Veranstaltungen, Messen dienen und die praktische Anwendung der RFID- Kennzeichnungsmöglichkeiten vorzeigbar machen. Hierzu gehören aus Sicht des IBP beispielsweise eine Erfassung nicht sichtbarer Teile, z. B. hinter abgehängten Decken oder hinter Vorwandinstallationen, eine Arbeitserleichterung bei der Beschaffung zusätzlicher Informationen oder eine bessere Datenquali-

tät. Auch die Optimierung der Benutzerschnittstelle hinsichtlich der Baustellen-tauglichkeit war zu untersuchen (siehe Kapitel 7.3).

10.4.1 Aufbau

Das Modell basiert im Wesentlichen auf einer Trockenbaukonstruktion, welche 3 verschiedene Räume im Teilausbau modellhaft darstellt. Diese bestehen aus 2 etwa gleich großen Modulen mit den äußeren Abmessungen (L x B x H) 1,5 m x 0,9 m x 1,8 m (Bild 89). Als Raumbeispiele wurden ausgewählt:

- 1 Technikraum: Ausgangspunkt des Lüftungssystem, Anbringungsort des Zentralgerätes (Keller-, Dachraum),
- 1 Sanitärraum: als Zu- und Abluftraum ausgeführt, Ort praktisch 1 Wohnraum: als Zu- und Abluftraum ausgeführt, Aufenthaltsraum mit hoher Belegungsdichte an Personen (Wohnen).

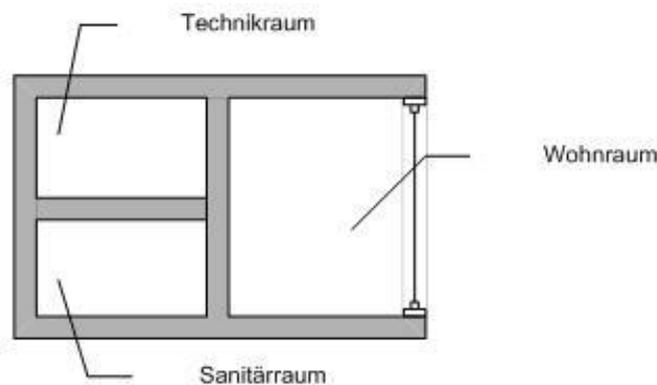


Bild 89:
Prinzipische Skizze RFID-Demonstrator, Draufsicht.

Auf und in diese Konstruktion sind die folgenden Komponenten einer zentralen Wohnungslüftungsanlage betriebsbereit installiert (Bild 90):

- 1 Zentralgerät,
- verschiedene Lüftungsleitungen (Wickelfalz- Metall, Kunststoff),
- verschiedene Luftdurchlässe (Zuluft, Abluft),
- 1 Brandschutzschott,
- 1 Schalldämpfer.

Um verschiedene Kennzeichnungsmöglichkeiten praxisnah aufzeigen zu können, wurde zusätzlich u. a. der Sanitärraum mit einem Fliesenspiegel ausgestattet sowie Luftleitungen in die Zwischenwand Wohnraum / Sanitärraum installiert (Bild 91). Aufgrund der überwiegend metallischen Komponenten erfolgt das Taggen mit LF- Transpondern. Durch Nahfeldauslesung wird gewährleistet, dass auch jeweils die richtige Komponente identifiziert ist. Als Lesegeräte werden Standard- Handreader verwendet, welche über USB oder CF problemlos an einem Tablet- PC zu betreiben sind. Eine eigens programmierte Anwendung (Kapitel 7.3) ermöglicht auf dem 10 Zoll- Touchscreen eine baustellengerechte „Bedienung“ der Lesegeräte über großformatige Buttons oder via Headset per Sprache.

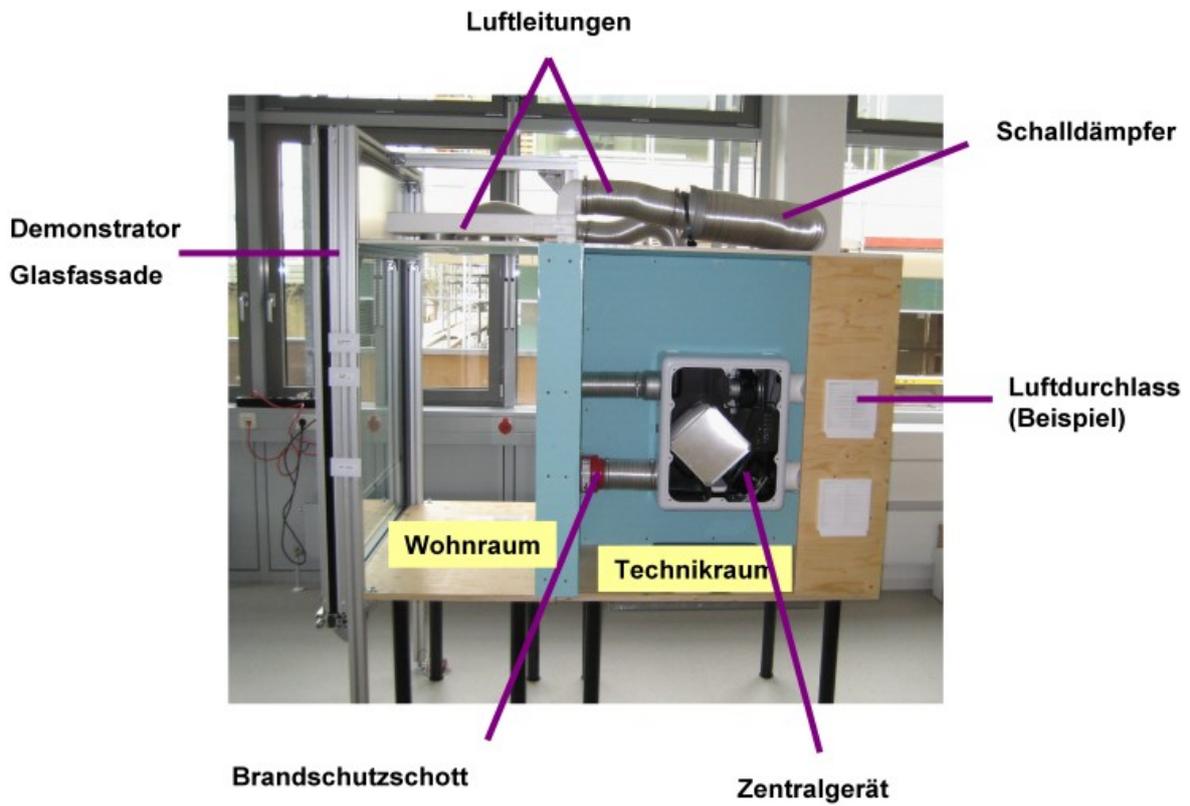


Bild 90:
 Demonstrator im Bereich Wohnraum / Technikraum und ausgewählte Komponenten, Seitenansicht.

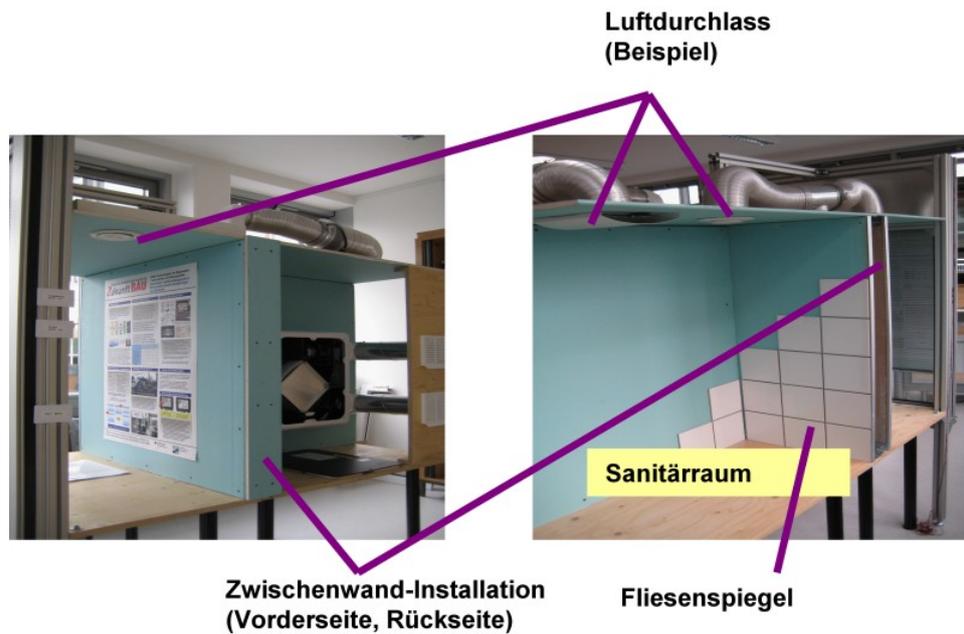


Bild 91:
 Demonstrator Lüftungsanlage, Detailansichten.

10.4.2 Durchgeführte Untersuchungen

Die am Demonstrator eingesetzten LF- Transponder werden anwendungsbezogen ausgewählt und z. T. mittels Sonderlösungen an den Bauteilen befestigt. Hinweise zur Montage und Datenerfassung der wichtigsten Kennwerte sind in

Tabelle 28 für die einzelnen Bauteile aufgeführt. Die Einzel- Tags werden verwendet, um die Kennwerte der Einzelkomponenten darstellen zu können. Diese Daten sind Basis eines Soll- Ist- Vergleichs in den definierten Hauptprozessen:

- „Ausgangskontrolle (Hersteller)“,
- „Eingangskontrolle (Baustelle)“,
- „Einbau/Herstellung“,
- „Abnahme“ und
- „Gebäudebetrieb“.

Tabelle 28:
Im Demonstrator TGA integrierte RFID- Transponder.

Tag- Name, -Typ	Ort, Befestigung	Lesebedingungen	technisch wichtige Daten
Zentralgerät (Key Tag)	Außengehäuse Zentralgerät, geklebt	direkt (optischer Sichtkontakt)	Spannung / Frequenz Volumenstrom Leistung / Stromaufnahme Schalldruckpegel
Filter Zuluft, Filter Abluft (Key Tag)	direkt auf jeweiligem Filter, geklemmt	indirekt, durch Gehäuse des Zentralgerätes, direkt, nur bei geöffnetem Gehäusedeckel	Filterklasse Abscheidegrad Prüfvolumenstrom Prüfendruckdifferenz
Lüfter Zuluft (World Tag)	im Zentralgerät, Halterung des Ventilator, geklebt	indirekt, durch Gehäuse des Zentralgerätes, direkt, nur bei geöffnetem Gehäusedeckel	Spannung / Frequenz Nennleistung / Nennstrom Volumenstrom Schaufelkrümmung Lafraddurchmesser
Lüfter Abluft (World Tag)	im Zentralgerät, Halterung des Ventilator, geklebt	indirekt, durch Gehäuse des Zentralgerätes, direkt, nur bei geöffnetem Gehäusedeckel	Spannung / Frequenz Nennleistung / Nennstrom Volumenstrom Schaufelkrümmung Lafraddurchmesser
Gitter Außenluft (Key Tag)	Innengehäuse Gitter Wetterschutz, geklebt	indirekt direkt, nur bei Abnahme Außengit	Filterklasse Filterart Druckabfall
Ventil Bad ZU, Ventil Bad AB (Key Tag, Flag Tag)	Innengehäuse Abluft- ventil (herausziehbar), auf Filter des Zuluftdurchlasses	direkt am Abluftventil, wenn Flag Tag herausgezogen indirekt durch Gitter des Zuluftdurchlasses	Filterklasse Filterart Druckabfall
Schalldämpfer (Key Tag)	Klemmverbindung Dämpfer / Anschlussrohr, verschraubt	ohne Sichtkontakt durch abgehängte Decke der Trockenwandkonstruktion, variable Abstände	Einführungsdämpfungsmaß nach DIN EN ISO 7235
Brandschutzschott	direkt am Gehäuse,	direkt, am Schott	Feuerwiderstandsklasse

Tag- Name, -Typ	Ort, Befestigung	Lesebedingungen	technisch wichtige Daten
(Key Tag)	verschraubt		
Wickelfalzrohr DN 100	Flexible Befestigung über Umreifungsband	direkt, am Rohr	Abmessungen Temperaturbeständigkeit Brennbarkeit nach DIN 4102
Kunststoffrohr	direkt auf Rohr, geklebt	Ohne Sichtkontakt, durch die Zwischenwand der Trockenbaukonstruktion	Abmessungen Temperaturbeständigkeit Brennbarkeit nach DIN 4102
Alu- Flex Rohr DN 100	direkt auf Rohr, geklebt	Ohne Sichtkontakt, durch die Zwischenwand der Trockenbaukonstruktion	Abmessungen Kleinsten Biegeradius Temperaturbeständigkeit Brennbarkeit nach DIN 4102

Die Darstellungen der Kennwerte von Lüftungskomponenten sind in Excel ebenfalls als „Templates“ vorbereitet und werden per Auslesen des Transponders mit den entsprechenden Soll- und Ist- Daten zusammen dargestellt (Bild 92).

Tag ID: U80A0A7F45C Ventil Bad ZU					Istdaten	Solldaten	Status Ampel	
Ventil Bad ZU Basisdaten								
Produktbezeichnung					Alpha 100 - Design-Luftdurchlass	Tellerventil ZLVS100	Red	
Hersteller					GLT GmbH	Rohrix GmbH		
Artikel-Nr.					zu erfragen unter: 07947 / 9439 - 0	ZLVS100		
Lieferschein-Nr.					220840	05584496		
Material					pulverbeschichtetes Stahlblech	Stahl - pulverbeschichtet	Green	
Farbe					weiß	weiß	Red	
Einbauort					BVH IBP Stuttgart, WZ	BVH IBP Stuttgart, Bad		
Foto					Produktdatenblatt	Foto		
Anordnung					Kürzel	Einheit	Norm	
Zulufrakt					ja	ja	Green	
Abluftrakt					nein	nein		
Mindestabstand Ventil Bad AB		a	m		1,2	≥1,0		
Ausstattung								
Montagerahmen					ja	ja	Green	
Technische Daten					Bezeichnung	Kürzel	Einheit	Norm
Abmessungen								
	Höhe	H	mm		210	140	Red	
	Breite	B	mm		180	140		
	Tiefe	T	mm		30	20		
	Anschlussdurchmesser	DN	mm		100	100		
Filterklasse	Klasse nach DIN EN 779		-		G1	ohne	Red	
Filterart					Grobstaubfilter für Partikel >10 µm	ohne		
Filterabmessungen	Höhe	H	mm		180			
	Breite	B	mm		140			
Druckabfall		Δp _L	Pa	Hersteller	20	15		
Ergänzende Dokumente					Quelle	Dokument		

Bild 92:
Beispiel-Template für die Aufbereitung der Kennwerte der Einzelkomponenten im Excel- Programm.

Aufbereitet werden in erster Linie feste, so genannte statische Einzelkennwerte. Zur Übersichtlichkeit der Daten sind die Einzelkennwerte kategorisiert, siehe Tabelle 29.

Tabelle 29:
Übersicht der mit der Tag- ID verknüpften Kennwerte und Informationen.

Kategorie	Einzeldaten
Basisdaten (Herstellerangaben)	Hersteller (Artikel - Nr., Produktbezeichnung) Material Farbe Einbauort Foto (Verknüpfung PDF - Dokument)
Aufbau	Eventuelle Verknüpfung von Einzelkomponenten zu einer funktionellen Einheit (Beispiel Zentralgerät)
Anordnung	Einbauort Einzuhaltende Mindestabstände
Ausstattung	Zusatzkomponenten, Austauschkomponenten Intervallbetrieb Drehzahleinstellung Nachtbetrieb Filterwechselanzeige Sonstige Regelungs- und Steuerungsgeräte
Technische Daten	Abmessungen (H x B x T, Durchmesser) Gewicht Anschluss, Stromversorgung, Nennleistung Filter (Klasse, Art) Volumenstrom, Druckabfall Schalldämpfungsmaß
Ergänzende Dokumente	Montagehinweise Datenblätter Gerätebeschreibung Bedienungsanleitung (inkl. Wartungshinweise)

Ein qualitativer Vergleich der Soll- Daten mit den Ist- Daten z. B. in den Hauptprozessen „Eingangskontrolle (Baustelle)“, „Einbau/Herstellung“ und „Abnahme“ ist durch eine einfache „Ampel- Regelung“ möglich. Zeigt die Ampel grün, so stimmen Soll- und Ist- Daten überein. Zeigt die Ampel jedoch auf rot, so liegen große Abweichungen zwischen dem jeweiligen Sollwert und dem tatsächlichen Istwert vor. Die Größe der qualitativen Abweichung lässt sich eindeutig durch den Vergleich der Soll- und Ist- Werte aus der Tabelle ablesen. Daraus sind weitergehende quantitative Aussagen zur Komponente selber, oder zur Lüftungsanlage zu treffen.

Beispiel: Die Ampel der Komponente „Ventil Bad ZU“ zeigt unter dem technischen Kennwert „Druckabfall“ auf rot (Bild 92). Qualitativ weiß der Benutzer sofort, die Angabe des Wertes der eingebauten Komponente weicht stark vom geforderten Wert ab. In welcher Größe sich die Abweichung darstellt, erfährt er durch Vergleich der konkreten Zahlenwerte von Soll- Daten (15 Pa) und Ist- Daten (20 Pa). Die Abweichung beträgt 5 Pa und hat somit wiederum Auswirkungen auf den Gesamtbetrieb der Anlage (Ventilator hätte eine größere Gesamtdruckerhöhung aufzubringen um die Luftversorgung sicher zu stellen).

Für den Demonstrator Lüftungsanlagen ist der Hauptprozess „Gebäudebetrieb“ neben den bereits oben erwähnten Hauptprozessen von besonderem Interesse. Die Funktion einer Lüftungsanlage ergibt sich schließlich erst durch korrektes Zusammenspiel aller Einzelkomponenten und dem damit möglichen Betrieb. Deswegen wurde Wert auf Untersuchungen in diesem speziellen Bereich gelegt und sollen im Anschluss näher erläutert werden.

Die im Kiosk-Hauptprozess „Gebäudebetrieb“ möglichen Teilprozesse d.h. Untermenüs sind im folgenden Bild 93 dargestellt.

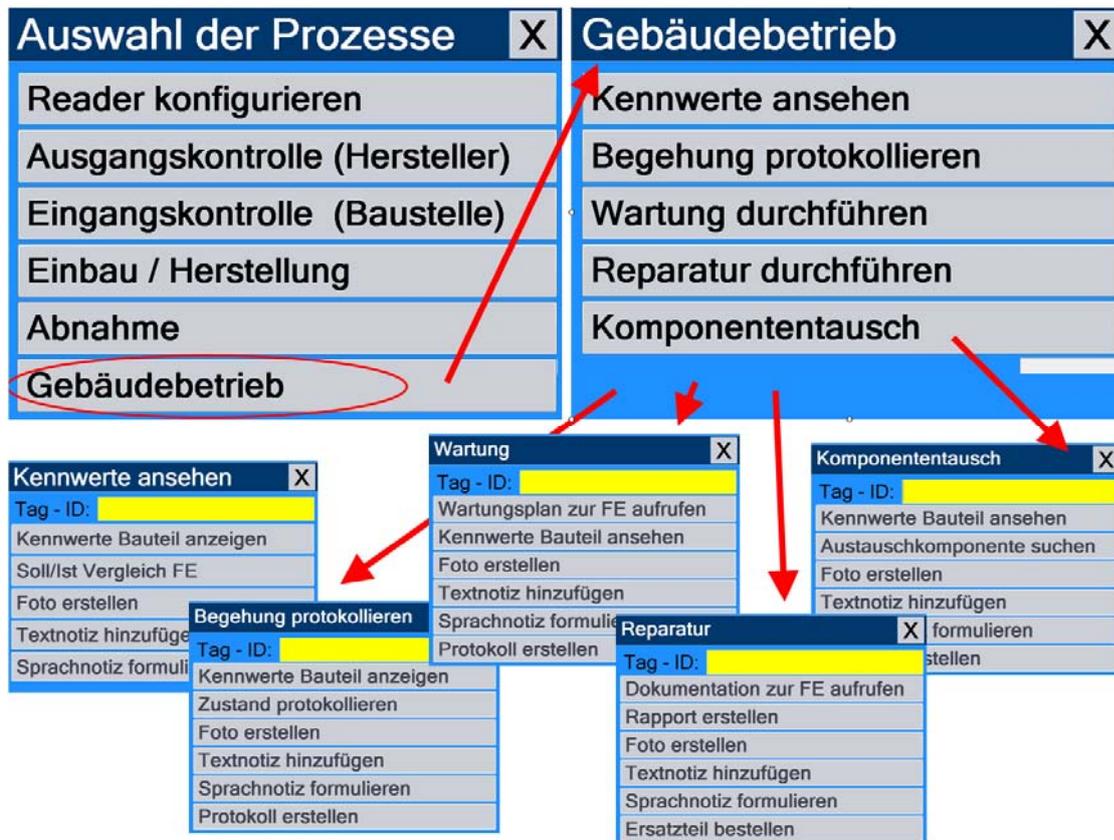


Bild 93: Übersicht der Untermenüs für die Anwendungen beim Gebäudebetrieb.

Neben dem auch schon in der „Bauphase“ verfügbaren Menüpunkt “Kennwerte ansehen” (siehe Kapitel 7.3) können auch turnusmäßiges Ereignisse wie Begehungen oder Wartungen dokumentiert werden. Im einfachsten Fall wird bei einzelnen Komponenten nach Einlesen der ID der Status per Ankreuzen festgehalten (Bild 94).

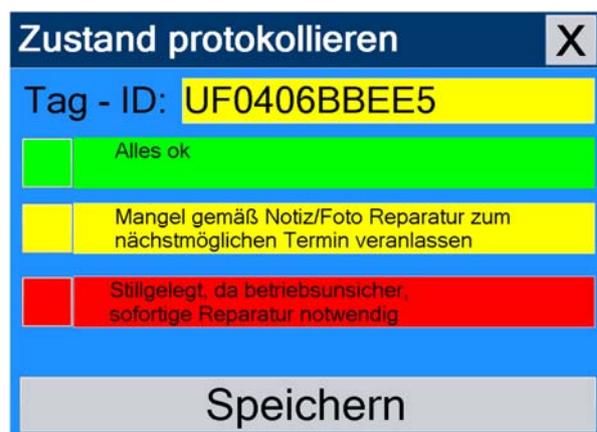


Bild 94: Beispiel eines RFID- gestützten Begehungsprotokolls.

Aus den Einzelaufnahmen lässt sich im Anschluss an die Objektbegehung sehr einfach ein Gesamtprotokoll erstellen. Bei Wartungsprozessen werden genauere Informationen, z.B. Wartungspläne zu den Anlagen und Geräten benötigt. Nach Aufruf der Maske werden vom Servicepersonal durchgeführte Arbeiten protokolliert (Bild 95).

Entsprechende Menüpunkte sind für den Fall einer „Reparatur“ sowie eines „Komponententausches“ bereits vorhanden. Letztere Maske soll die Suche für passende Aggregate wie z.B. Pumpen, Lüfter, Ventile, Antriebe oder Netzteile im Austausch wesentlich vereinfachen und einen ordnungsgemäßen und effizienten Betrieb einer technischen Gebäudekomponente sicher zu stellen. Bislang existieren fast nur im Bereich von Umwälzpumpen Kompatibilitätslisten einzelner Hersteller, allerdings mit dem Ziel ein Fremdfabrikat durch ein Produkt aus dem eigenen Hause zu ersetzen.

Beispiel: Bei Abnahme, Wartung und Reparatur unterstützt das Menü alle Aufgaben zur Dokumentation in Form von Bild, Sprache und Text. Wichtige Hinweise hinsichtlich Bedenken der Betriebssicherheit, zu Mängeln oder noch notwendige zu veranlassende Schritte (Reparatur, Wartung) können direkt protokolliert werden.

Wartung durchführen:

Hier können Wartungspläne zu so genannten „Funktionellen Einheiten“ aufgerufen und Kennwerte eines Bauteils angesehen werden. Ebenso kann ein Wartungsprotokoll sowie ein Foto und eine Text- oder Sprachnotiz erstellt werden (Bild 95).

Beispiel: Der wartende Fachingenieur liest das Wartungsprotokoll der Funktionellen Einheit Zentralgerät aus. Er verschafft sich einen ersten Überblick über nötige Wartungsschritte durch Verknüpfungen zum Wartungsplan, zur Bedienungsanleitung oder zur Gerätebeschreibung. Außerdem vollzieht er nach, welche Wartungen bisher an welcher Einzelkomponente, in welchem Intervall, in welchem Umfang und von welchem Fachingenieur durchgeführt wurden. Sein eigenes Wartungsprotokoll bereitet er ebenso wie seine Vorgänger direkt im Template „Wartung“ auf. Sichergestellt wird eine lückenlose, einfache und nachvollziehbare Arbeit durch den entsprechenden Fachingenieur. Die Ampel zeigt dabei grün, sobald alle notwendigen Arbeiten durchgeführt und protokolliert wurden und das Gerät weiterhin funktionsfähig in Betrieb zu nehmen ist.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Lüftungsanlage IBP N 2.01				Solldaten	Wartung 1	Wartung 2	Wartung 3	Status
2	Ampel								
3	Zentralgerät Basisdaten								
4	Hersteller				GLT				
5	Produktionswerk				D-74670 Forchtenberg				
6	Produktionsdatum				2007				
7	Produktbezeichnung				FoX-Typ 5				
8	Vorgesehener Einbauort				BVH IBP Stuttgart, Raum N				
9	Kennzeichnung				2.01				
10	Wartung								
11	Wartungsplan				Wartungsplan				
12	Wärmeübertrager				ja	X			
13	Zuluftventilator				nein				
14	Abluftventilator				nein				
15	Luftfilter, Zuluft				ja		X		
16	Luftfilter, Abluft				ja				
17	Gehäuse				ja				
18	Motor-Steuer-Einheit				nein				
19	Kondensatwanne/-ablauf				nein				
20	Volumstromabgleich				ja			X	
21	Luftleitungen				ja				
22	elektrische Komponenten				ja				
23	Wärmeübertrager								
24	letzte Wartung	Datum			2007		31.01.08		
25	Ausführender				Hersteller		Herr Meier		
26	Erfolg				ja		ja		
27	Bemerkung				i.O.		nur leichte Verschmutzung		
28	vorgesehene nächste Wartun	Datum			31.12.08		29.02.08		
29	Filter								
30	letzte Wartung	Datum			2007		10.02.08		
31	Ausführender				Hersteller		Herr Meier		
32	Erfolg				ja		ja		
33	Bemerkung				i.O.		keine Verfärbung, kein austausch		
34	vorgesehene nächste Wartun	Datum			30.06.08		30.06.08		
35	Volumstromabgleich								
36	letzte Wartung	Datum						12.02.08	
37	Ausführender							Herr Meier	
38	Erfolg							ja	
39	Bemerkung							keine Justierung notwendig	
40	vorgesehene nächste Wartun	Datum						11.02.10	
41	Luftleitungen								
42	letzte Wartung	Datum						12.02.08	
43	Ausführender							Herr Meier	
44	Erfolg							ja	
45	Bemerkung							keine Ablagerungen vorhanden	
46	vorgesehene nächste Wartun	Datum						11.02.13	
47	elektrische Komponenten								
48	letzte Wartung	Datum						12.02.08	
49	Ausführender							Herr Meier	
50	Erfolg							ja	
51	Bemerkung							keine Schäden	
52	vorgesehene nächste Wartun	Datum						11.02.13	
53	Gehäuse								
54	letzte Wartung	Datum			2007			12.02.08	
55	Ausführender				Installateur			Herr Meier	
56	Erfolg				ja			ja	
57	Bemerkung				i.O.			i. O.	
58	Ergänzende Dokumente								
59	Quelle	Dokument							
60	Hersteller	Montageanleitung							
61	Hersteller	Bedienungsanleitung							
61	Hersteller	Gerätebeschreibung							

Bild 95:
Beispiel Wartungsplan der funktionellen Einheit „Lüftungsanlage“.

Reparatur durchführen:

Hier können Dokumentationen zu einer Funktionellen Einheit aufgerufen, Fotos und Rapporte erstellt und eine Text- oder Sprachnotiz erstellt werden. Zusätzlich ist auch eine Ersatzteilbestellung möglich (

Bild 96).

Beispiel: Der Fachhandwerker dokumentiert ausführlich die durchgeführten Untersuchungs- und Reparaturarbeiten am Zentralgerät durch die Erstellung eines Rapportes. Festgestellte Fehler werden durch eine rote Ampelfarbe hervorgehoben.

Tag ID: hA6487972		Zentralgerät	Status
Zentralgerät Basisdaten			
Hersteller	GLT		
Produktionswerk	D-74670 Forchtenberg		
Produktionsdatum	2007		
Produktbezeichnung	FoX-Typ 5		
Vorgesehener Einbauort	BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.01		
Kennzeichnung	Ü-Zeichen, Zulassung		
Reparaturmaßnahme			
Datum	20.02.08		
Monteur:	Herr Meier, Fa. GLT Service, Forchtenberg		
Festgestellter Fehler	Trotz Stromanschluss und mehrmaligen Ein-Aus-Schalten lässt sich Lüftungsgerät nicht mehr einschalten.		
Behobener Fehler	Defekte Steuer-Einheit		
Arbeitszeit	3 Stunden		
Ersatzteile	Steuer-Einheit		
Durchgeführte Arbeiten	- Versuch: Auslesung der Steuerelektronik		
	- Demontage alte Steuereinheit		
	- Montage neue Steuereinheit		
	- Auslesen Steuerelektronik		
	- Eindichten neue Steuereinheit		
	- Endkontrolle		
Anmerkung			
20.02.2008	Gerät läuft nach Überprüfung wieder einwandfrei. Mei/ GLT		

Bild 96:
Beispiel-Template mit Kenndaten für den Teilprozess „Rapport erstellen“.

Komponentenaustausch:

Hier können Kennwerte der Bauteile aufgerufen, Fotos erstellt sowie Text- und Sprachnotizen hinzugefügt werden. Es kann ebenfalls nach einer Austauschkomponente gesucht und das Ersatzteil bestellt werden (Bild 97)).

Beispiel: Der wartende Fachingenieur stellt fest, dass der Ventilator für die Zu-
luftversorgung defekt ist und ausgetauscht werden muss. Ein adäquates Ersatz-
teil derselben Baureihe oder Marke ist mittlerweile aufgrund Sortimentumstel-
lung, Produktionseinstellung oder Überalterung der Anlage nicht mehr verfü-
bar. Durch Einlesen der ID und Auswahl des Untermenüs „Austauschkompo-
nente suchen“ kann sich der Fachingenieur passende Vorschläge für Ersatzteile
anderer Marken und am Markt verfügbarer Baureihen anzeigen lassen. Tech-
nisch wichtige Daten werden tabellarisch gegenübergestellt und erleichtern ihm
deren Abgleich. Die aufwendige und zeitraubende Suche in Katalogen entfällt.
Die Auswahl eines technisch einwandfreien Ersatzteiles bleibt auch bei beste-
henden älteren Anlagen gewährleistet.

Tag ID: h37487972		Lüfter Zuluft	Istdaten	Hersteller 1	Hersteller 2	Status
Lüfter Zuluft Basisdaten						
Hersteller			GLT	V-Austausch	1a-Ventilatoren	Ampel
Produktionswerk			D-74670 Forchtenberg	Seedorf	Bergstadt	
Produktionsdatum			2007			
Produktbezeichnung			Lüfter Zuluft			
Vorgesehener Einbauort			BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.01, Zentralgerät FoX-Typ 5			
Ventilator typ						
			KWL-100	LdW-120 R	RL 100 n	
Technische Daten						
	Kürzel	Einheit				
Spannung	U	V	230	230	230	
Frequenz	f	Hz	50	50	50	
Nennleistung	P	W	24	20	26	
Nennstrom	I	A	0,1	0,1	0,11	
Volumenstrom	q_V	m³/h	100	120	100	
Schaufelkrümmung	-	-	rückwärts gekrümmt	rückwärts gekrümmt	rückwärts gekrümmt	
Lafraddurchmesser	d_Lafrad	mm	130	136	130	
Höhe	h	mm	100	100	100	
Ergänzende Dokumente						
	Quelle	Dokument				

Bild 97:
Beispiel-Template mit Kennzahlen für den Teilprozess „Komponententausch“.

Funktionelle Einheiten:

Analog zur Abfrage von statischen Daten für Einzelkomponenten in „Einzel-Template“ müssen auch Daten für mehrere funktionell miteinander verknüpfte Einzelkomponenten hinterlegt werden. Die verknüpften Einzelkomponenten werden zu „Funktionellen Einheiten“ zusammen gefasst. Durch Auslese jeder beliebigen Einzelkomponente kann somit auf Daten der Funktionellen Einheit zurückgegriffen werden. Dies ist u. a. wichtig für die Untermenüpunkte „Komponententausch“ und „Reparatur durchführen“. Werden Teile der Lüftungsanlage verändert oder ausgetauscht kann dies u. U. Wirkung auf die Leistungsfähigkeit oder die Auslegung der Anlage haben, da diese von den zugehörigen Einzelkomponenten bestimmt werden. Die folgenden Funktionellen Einheiten sind derzeit definiert und sollen mit Sensor-RFID-Tags erweitert werden.

1. Funktionelle Einheit „Zentralgerät“

Das Zentralgerät bildet das Herzstück einer Lüftungsanlage. Es ist selbst aus unterschiedlichen Bauteilkomponenten zusammen gesetzt. Am Demonstrator Lüftungsanlagen weist es der Einfachheit halber beispielsweise auf:

- 1 Gehäuse,
- 1 Steuereinheit,
- 1 Wärmeübertrager,
- jeweils 1 Zu- und Abluftventilator,
- jeweils 1 Zu- und Abluftfilter und
- 1 Kondensatwanne.

Die Komponenten werden vor der Montage beim Hersteller auf einander abgestimmt und bestimmen u. A. die Leistungsfähigkeit, die Stromaufnahme, den Schalldruckpegel und den möglichen zu fördernden Volumenstrom des Zentralgerätes. Die ordnungsgemäße Funktion der Funktionellen Einheit „Zentralgerät“ ist Grundvoraussetzung für den Betrieb der gesamten Lüftungsanlage. Bei größeren und leistungsfähigeren Anlagen kann sich ein unordnungsgemäßer Betrieb sofort in erhöhtem Energieverbrauch, eventuellen Stör- und Strö-

mungsgeräuschen in Rohrleitungen und zu hohen oder zu niedrigen Luftaustrittsgeschwindigkeiten am Luftdurchlass nieder schlagen.

Beispiel: Der Servicetechniker liest die ID Zentralgerät ein. Danach wählt er im Untermenü „Kennwerte ansehen“ den Menüpunkt „Soll- Ist- Vergleich FE“. Es werden nicht nur allgemeine Basisdaten, sondern auch technische Detaildaten der einzelnen Komponenten angezeigt. In einem ersten Schritt kann überprüft werden, ob das Zentralgerät alle Komponenten enthält, in einem zweiten Schritt wie diese verbaut werden (Bild 98). Im Falle von Verschleiß oder Ausfall der einzelnen Komponenten kann gezielt über Auslesen der Einzel - ID eine Ersatzteilbestellung vorgenommen werden.

Tag ID: hA6487972 Zentralgerät				Istdaten	Solldaten	Status Ampel	
Zentralgerät Basisdaten							
Hersteller				GLT	GLT		
Produktionswerk				D-74670 Forchtenberg	D-74670 Forchtenberg		
Produktionsdatum				2007	2007		
Produktbezeichnung				FoX-Typ 5	FoX-Typ 5		
Vorgesehener Einbaort				BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.01	BVH IBP Stuttgart, Raum N 2.01		
Kennzeichnung				Ü-Zeichen, Zulassung	Ü-Zeichen, Zulassung		
Foto				Foto			
Aufbau							
Wärmeübertrager	Rotation			nein	nein		
	Platten			ja	ja		
Zuluftventilator	Axial			nein	nein		
	Radial			ja	ja		
	Querstrom			nein	nein		
Abluftventilator	Axial			nein	nein		
	Radial			ja	ja		
	Querstrom			nein	nein		
Luftfilter	Zuluft			ja	ja		
	Abluft			ja	ja		
Gehäuse	luftdicht, gedämmt			ja	ja		
Steuer-Einheit				ja	ja		
Kondensatwanne/-ablauf				ja	ja		
Anordnung							
Außenraum				nein	nein		
Innenraum (beheizt)				ja	ja		
Innenraum (unbeheizt)				ja	ja		
Standgerät				nein	nein		
Wandmontage				ja	ja		
Unterputzmontage				nein	nein		
Ausstattung							
DrehzahlEinstellung				ja	ja		
Intervallbetrieb				ja	ja		
Stoßlüftung				ja	ja		
Nachtbetrieb				ja	ja		
Filterwechselanzeige				ja	ja		
Technische Daten							
	Bezeichnung	Kürzel	Einheit				
Abmessungen							
	Höhe	H	mm	516	516		
	Breite	B	mm	426	426		
	Tiefe	T	mm	170	170		
	Gewicht	m	kg	14	14		
Luftseitiger Anschluss							
	Außenluft	d_AU	mm	100	100		
		Form	-	rund	rund		
	Zuluft	d_AU	mm	100	100		
		Form	-	rund	rund		
	Abluft	d_AU	mm	100	100		
		Form	-	rund	rund		
	Fortluft	d_AU	mm	100	100		
		Form	-	rund	rund		
Stromversorgung	Spannung / Frequenz			230 V/50 Hz	230 V/50 Hz		
Lüftungsstufen							
Stufe 1 / 2 / 3 / 4	Volumenstrom	q_V	m³/h	20 / 40 / 60 / 100	20 / 40 / 60 / 100		
	Leistung	P	W	7 / 13 / 18 / 52	7 / 13 / 18 / 52		
	Stromaufnahme	I	A	0,03 / 0,06 / 0,08 / 0,23	0,03 / 0,06 / 0,08 / 0,23		
	Schalldruckpegel	L_PA	dB(A)	20 / 27 / 33 / 46	20 / 27 / 33 / 46		
Ergänzende Dokumente							
	Quelle	Dokument					
	Hersteller	Montageanleitung					
	Hersteller	Bedienungsanleitung					
	Hersteller	Gerätebeschreibung					

Bild 98:
Beispiel- Template für die Funktionelle Einheit „Zentralgerät“ .

2. Funktionelle Einheit „Rohrstrang Zuluft“

Beispielhaft für die Auslegung einer Lüftungsanlage wurde die Funktionelle Einheit „Rohrstrang Zuluft“ definiert, da für die Zuluftversorgung im Lüftungskreislauf zuerst Energie aufgewandt werden muss.

Die Funktionelle Einheit „Rohrstrang Zuluft“ besteht aus folgenden Komponenten:

- 1 Rohrstück Alu- Flex,
- 1 Brandschutzschott,
- 1 Rohrstück Kunststoff,
- 1 Schalldämpfer,
- 1 Zuluftventil (Sanitärbereich).

Wichtig ist dabei, dass die einzelnen Komponenten auch entsprechend der Auslegungsberechnung für den zu fördernden Gesamtvolumenstrom und dem zu überwindenden Gesamtdruckverlust eingebaut werden. Werden Rohrleitungsstücke mit größerem Querschnitt als ursprünglich ausgelegt verbaut, sinkt der Druckabfall im Rohrstück und vermindert somit die Leistungsaufnahme am Ventilator positiv. Negativ wirkt sich für die Leistungsaufnahme hingegen ein Rohrstück mit kleinerem Querschnitt als in der ursprünglichen Auslegung angenommen aus. Ebenfalls vorbestimmt werden in der Planungsphase beispielsweise das Material der Rohrleitungen und die Anordnung der Komponenten. Werden Rohrstücke gleichen Durchmessers aber abweichenden Materials oder Rohrwandrauigkeit beim Einbau verwendet, ergeben sich neue Verlustbeiwerte für die Rohrreibung und ein eventuell höherer oder niedriger Endwert für den Gesamtdruckverlust. Ähnliches gilt für die Wahl von Rohrstücken mit abweichender Länge als in den ursprünglichen Berechnungen angenommen.

Komponenten Rohrstrang			ID: U80A0A7F861 Rohr 3 Alu-Flex	ID: U80A0A7C85C Brandschutzschott	ID: U80A0A738B5 Rohr 2 Kunststoff	ID: U80A0A7F0BF Schalldämpfer	ID: U80A0A7F45C Ventil Bad ZU	
Vollständigkeit			vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden	nicht vorhanden	
korrekte Komponente			Aluminium Flexrohr	wartungsfreies Brandschutzschott	Flachkanal Kunststoff	Trox	Tellerventil	
Typ			FLEXRC100	TS 18 Top Schott	RE 60 x 115 mm		ZLVS100	
Werkstoff			Aluminium		Kunststoff		pulverbeschichtetes Stahlblech	
Beschreibung Lüftungsanlage			richtig	richtig	richtig	richtig	falsch	
Anzahl	n		1	1	1	1	1	
Nennweite / hydraulisch	DN	m	0,1		0,08			
Teilstreckenlänge	l	m	1		1			
Auslegungsluftvolumenstrom	V	m³/h	100					
Luftgeschwindigkeit	w	m/s	6					
	ρ	kg /m³	1,2					
Verlustbeiwert	ζ		0,6		0,4			
n * ζ			0,6		0,4			
Rohrreibungsgefälle	R	Pa / m	12		10			
R * l		Pa	1,2		0,8			
	Z	Pa	12,96		8,64			
R * l + Z			14,16		9,44			
Einzelwiderstand	Δp _E	Pa	14	5	9	20	15	
Gesamtdruckverlust	Δp _{gesamt}	Pa	64					

Bild 99:
Beispiel- Template für die Funktionelle Einheit „Rohrstrang Zuluft“.

Beispiel: Über das Auslesen der Einzel-ID einer beliebigen Komponente und der Wahl des Untermenüpunktes „Soll- Ist- Vergleich FE“ kann sich der Fachingenieur bei Abnahme und Wartung über den korrekten Einbau und die Richtigkeit der eingebauten Komponenten informieren,

Bild 99. Die Ampelfarbe rot signalisiert dabei „Falscher Einbau“ oder „Nicht vorhandene Komponente“. Durch Aufruf der Beschreibung der Lüftungsanlage können korrekter Einbauort und visuelle Übereinstimmung von Soll- Komponente und Ist- Komponente erfolgen. Gleichzeitig können über Einsicht in die Auslegungsberechnung für den zu fördernden Gesamtvolumenstrom und die aufzubringende Druckerhöhung quantitative Aussagen zum Betrieb der Anlage nachvollzogen werden (Anlage wird mit einem Gesamtdruckverlust von 64 Pa bei einem zu fördernden Volumenstrom von 100 m³ / h betrieben).

10.4.3 Ergebnisse und Empfehlungen

Empfehlungen zur Transponder- Befestigung

Als Befestigungsmethoden kamen am Demonstrator überwiegend Kleben und Schrauben bevorzugt zur Anwendung (Tabelle 27). Bei der Wahl der Befestigungsmethode ist darauf zu achten, dass ihr Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des Bauteils und die Anwendbarkeit der Lesegeräte möglichst gering zu halten ist. D. h.:

- Beschädigung der Transponder- Antenne oder Durchbohren sind zu vermeiden, da Transponder sonst nicht mehr auslesbar ist.
- Die direkte Verschraubung des Tag am Aluflex Rohr ist durch die Rippenstruktur nicht möglich. Hier muss auf die Lösung des „Flag Tag“ zurückgegriffen werden. Der Transponder wird mittels eines Kunststoffbandes am Schalldämpfer und am Flexrohr der Zwischenwandinstallation befestigt. Dies ermöglicht einen variablen Höhenausgleich von mehreren 10 cm. Weiterhin lassen sich auch so Zuschnitteile im Nachhinein kennzeichnen.
- Auf metallische Oberflächen sollten die Transponder auch bei LF zur besseren Lesbarkeit mit nichtmetallischen Materialien unterfüttert werden, um insbesondere bei leistungärmeren Readern die Leserate zu erhöhen.
- Je nach Form oder Größe von Transponder und Bauteil ist darauf zu achten, dass die Luft ungehindert in der Anlage gefördert werden kann. Der Transponder darf nicht zur Querschnittsschwächung oder erhöhtem Druckabfall an Bauteilen beitragen, z.B. bei der Befestigung am Filter, am Ventilator oder in Rohrleitungen.
- Transponder und Befestigungstechnik müssen über eine ausreichende mechanische Festigkeit verfügen, um eventuellen Zug-, Stoß- und Druckbelastungen stand zu halten oder die Kennzeichnung ist geschützt im Bauteil unterzubringen. Beispiel: Rohrleitungen, welche im Estrich verlegt werden.

Zugänglichkeit, Lesemöglichkeit, Lesereichweite der Transponder:

Die Lesemöglichkeit der Transponder wird durch die Zugänglichkeit und Lesereichweite bestimmt. Wo möglich, können die Transponder verdeckt befestigt werden, was jedoch bei größeren Konstruktionen die Ortung einzelner Transponder deutlich erschwert. Im Modell war eine problemlose Auslesung sowohl durch den Fliesenspiegel als auch durch die Trockenbauwände möglich. Eine Sonderlösung wurde aus ästhetischen und Gründen der fehlenden Befes-

tigungsmöglichkeit beim Abluftventil im Sanitärraum getroffen. Ein sog. „Flag Tag“ wurde ein- und ausziehbar in das Innengehäuse des Ventils verschraubt. Zum Auslesen kann der Tag unverlierbar heraus gezogen werden. Nach erfolgter Auslese verschwindet er praktisch unsichtbar im Inneren des Ventils.

Problematisch ist des Weiteren die Auslesbarkeit von Transpondern, welche auf oder in rotierenden Bauteilen verwendet werden. Beispielsweise wurde am Zu- und Abluftventilator der Transponder nicht direkt am Lüfterrad angebracht. Hier muss der Transponder auf dem unbeweglichen Gehäuse angebracht werden.

Oberflächennahe, durch Sichtkontakt und auf wenige Zentimeter auslesbare Transponder sind v. a. dann sinnvoll, wenn eine sogenannte Pulkauslese vermieden werden soll. Dies ist beispielsweise bei Wartungsarbeiten an technisch wichtigen Einzelkomponenten wie Ventilatoren und Wärmeübertrager des sehr kompakten Zentralgerätes der Fall. Hier soll der Servicetechniker gezielt die Daten an der Komponente auslesen, um diese eindeutig zu identifizieren und sicher zu stellen, dass die Wartungsarbeiten an der richtigen Stelle ausgeführt werden.

Funktionelle Einheiten:

Eine Änderung der technischen Eigenschaften von Einzelkomponenten hat immer auch Auswirkungen auf den Betrieb der gesamten Funktionellen Einheit. Sinnvolle Verknüpfungen stellen bei der Kennzeichnung dar:

- Funktionell zusammengehörige Anlagenstrukturen wie beispielsweise: Zu- und Abluftstränge, Abluftstränge oder das Zentralgerät inklusive zugehöriger installierter Sicherheitseinrichtungen (Brandschutzschott, Schalldämpfer), welche in gemeinsamen Templates dargestellt sind,
- Zugehörige Auslegungsberechnungen und Protokolle für die Volumenströmberechnung und den aufzubringenden Gesamtdruckverlust,
- Anordnungsschemata für den Einbau, sowie Montage-, Betriebs- und Wartungsanleitungen für die gesamte „Funktionelle Einheit“.

Der Vorteil einer Definition von Funktionellen Einheiten mit Hilfe der RFID-Technik und den gezeigten Beispiel-Templates beruht in erster Linie auf möglichst genauen Aussagen zur Austauschbarkeit, Ersatz und nicht ordnungsgemäßem Betrieb einer Komponente. Deshalb können solche Antworten aus der Systembeschreibung beispielhaft gegeben werden:

- Die Anlage XYZ besteht aus den Komponenten x, y, z,... und hat die folgenden kritischen Schnittstellen in Bezug auf die Funktionen A, B, C.
- Das Bauteil X kann nicht anstelle von Bauteil Y eingebaut werden, da sonst die Funktion „Schalldruckpegel am Auslass kleiner 40 dB(A)“ nicht eingehalten ist.
- Die Wartung der Komponente X ist am (Datum) vorgesehen. Aufgrund der geringen Betriebsstundenzahl in den letzten 6 Monaten kann diese aber ohne Risiko um Y Wochen verschoben werden und zusammen mit den Komponenten Z gewartet werden.

11 Schlussfolgerungen

Getreu der Erfahrung »Forschung bringt Veränderung, die sich ohne Demonstration und Personalschulung nicht durchsetzen kann« – schon gar nicht in der traditionell konservativen Bauwirtschaft mit vielen kleinen und mittelständischen Subunternehmen – erfolgte die Präsentation erster Ergebnisse auf den Fachmessen BAU 2007 in München, Deubau 2008, Essen, auf der Bautec/ Build IT 2008 in Berlin und der Euro- ID 2008 in Köln. Handwerkerqualität allgemein wird in Deutschland gut bewertet, doch der Sektor Bauwirtschaft ist aufgrund der komplexen Bauerstellung von »Unikaten« fehleranfällig und die Anzahl der Bauschäden pro Jahr ist viel zu hoch. Deshalb ist der Ruf nach Verbesserung der Bautechnik zur Qualitätssicherung und zur Imagesteigerung berechtigt. Einige Möglichkeiten, mit Hilfe der RFID- Technik am Bau die Handwerker anzuleiten und den Soll- Ist- Vergleich transparenter zu gestalten, werden im Projekt für den Bereich der Bauphysik am Beispiel der Glas- Fassade aufgezeigt.

Am sog. »Digitalen Kiosk für die funktionelle Einheit« können Kenndaten, Einbauanleitungen, Checklisten und Fotos mit Hilfe einfacher Sprachausgabe und Diktierfunktion handwerkergerecht auf das Gerüst geholt werden. Der Transport der Daten zur Bauausführung etc. kann dann sowohl auf den Bau- Server als auch zum Unternehmen, zum Bauteam und zur Bauleitung erfolgen. Solche Kennzahlen, also die statischen und dynamischen Informationen über die Baukonstruktion eines Gebäudes können mit Fertigstellung, Abnahme und Übergabe an Bauherrn und Nutzer in Form einer »digitalen Gebäudeakte« übergeben und von diesen für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb genutzt werden. Für diesen Zweck sind die Angaben aber nicht als Soll- Daten aus der Planung, sondern nur als Ist- Daten relevant, d. h. als zu den tatsächlich verwendeten Materialien und Bauteilen gehörig. Die Ist- Daten lassen sich mit Hilfe der RFID- Technik im Bau- Server und einem EPC- Informationssystem erfassen und bestätigen. Dieser Zusammenhang ist in Bild 100 und

Bild 101 schematisch dargestellt und zeigt auch die Schnittstellen und Verknüpfungen zu den anderen Teilprojekten in der ARGE RFIDimBau "IntelliBau", TU Dresden, "InWeMo", BU Wuppertal und "Indoornavigation", TU Darmstadt. Diese in der ARGE gemeinsam abgestimmte Darstellung ist zwar komplex, zeigt aber auch die Lösungswege auf, die in den folgenden Projekten kooperativ anzugehen sind.

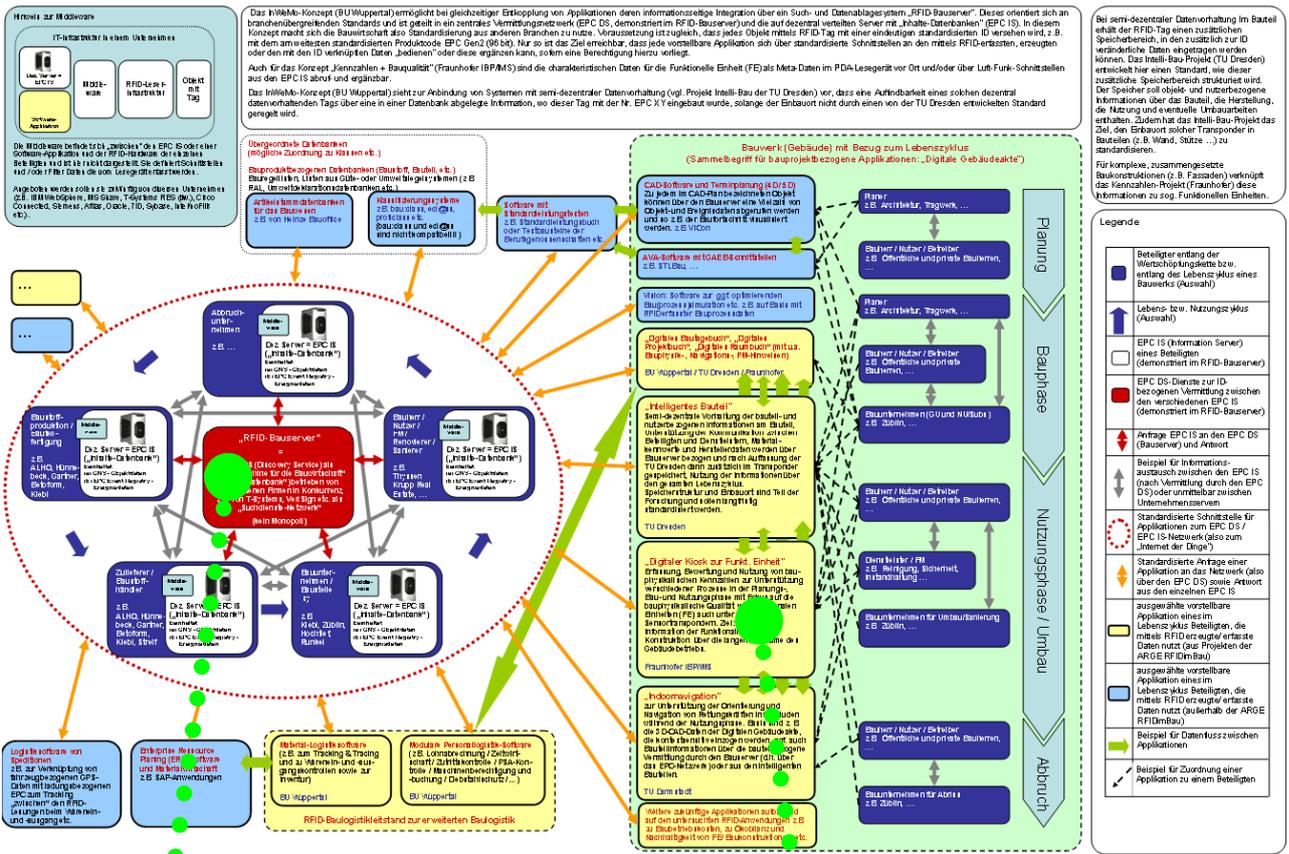


Bild 100: Übersicht der Komplexität der Schnittstellen innerhalb der ARGE RFID, siehe www.RFIDimBau.de (oben) [54].

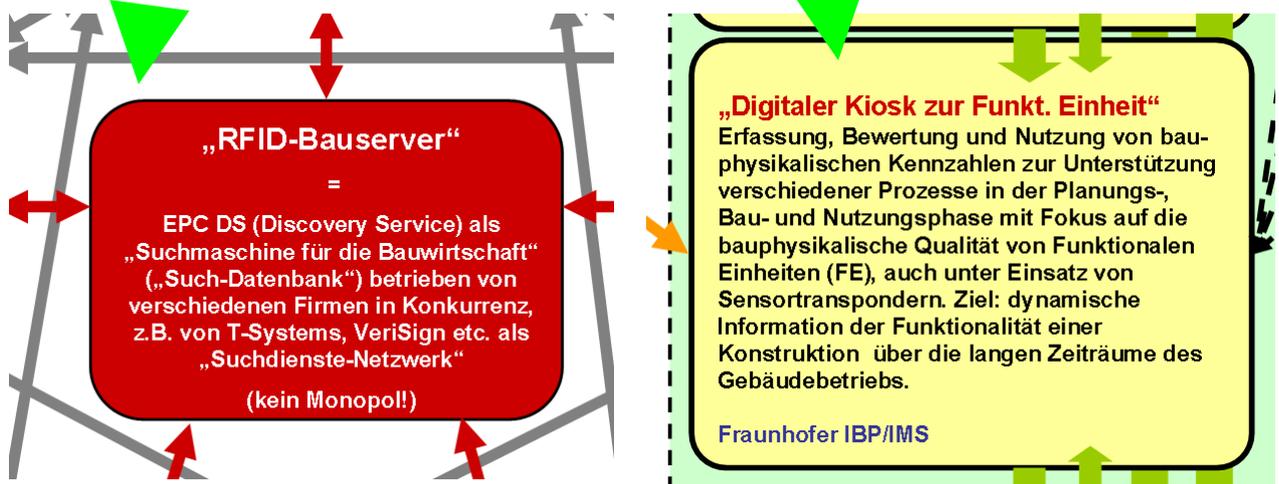


Bild 101: Detailsichten aus Bild 100 für das Ziel des Teilprojektes Fraunhofer (rechts) sowie der zentralen Daten- Drehscheibe der ARGE RFID.

Die wichtigsten Forderungen für noch fehlende Bausteine lassen sich aus der Sicht der Bauphysik (Teilprojekt Kenndaten) wie folgt zusammenfassen:

1. Technische Weiterentwicklung der Multifrequenzfähigkeit von Transpondern und Lesegeräten

Mit keiner der aktuell verfügbaren Frequenzen können die Anforderungen aller Bauprozesse bedient werden. Weder kann es den Bauschaffenden zugemutet werden mit mehreren Lesegeräten gleichzeitig arbeiten zu müssen, noch ist es bei den heutigen Kosten wirtschaftlich, Bauteile mit mehreren Transpondern zu kennzeichnen. Außerdem besteht bei der Mehrfach- Kennzeichnung die Gefahr, dass bei der Zuordnung mehrerer Transponder zu einem Bauteil Fehler entstehen.

2. Einrichtung zentraler Serverstrukturen in Verbindung mit einer digitalen Gebäudeakte

Erst mit Vernetzung und weiterer Verwertung sind die vorgestellten RFID- Konzepte sinnvoll anwendbar. Nach dem Vorbild des Internets muss rasch eine Infrastruktur geschaffen werden, auf Basis derer sich weitere branchen- spezifische Dienste etablieren können. Mit den durch die ARGE RFID bisher und zukünftig aufgezeigten Nutzen und Möglichkeiten können kommerzielle Service-Anbieter den Bedarf und ihr Risiko, in der Baubranche aktiv zu werden, deutlich besser einschätzen. Außerdem werden für einen wirtschaftlichen Betrieb solcher Informationssysteme auf kommerzieller Basis bauspezifische Anwendungen benötigt.

3. Unterstützung nichtkommerzieller, freier Transponder- Suchdienste

Schon heute werden zur Recherche im Internet Suchdienste für spezielle Dateitypen, Bilder, Videos, Orte, Produkte etc. angeboten. Es ist zu erwarten, dass mit zunehmender Verbreitung der RFID- Technologie auch zu vielen Transponder- IDs im Internet frei zugängliche Informationen ganz unterschiedlicher Qualität bereitgestellt werden. Um diese Informationsressourcen nutzen und zu Qualitätskriterien bewerten zu können, sind weitere Hilfsmittel als Ergänzung zu Punkt 2 zukünftig wichtig und notwendig. Die Anbieter von Spezialsuchdiensten werden solche Dienste auflegen. Gleichzeitig sichern nichtkommerzielle Alternativen den Wettbewerb und reduzieren Oligopolbildungen von einigen wenigen Dienstleistern.

12 Ausblick

Im jetzt abgeschlossenen Projekt liegen die Schwerpunkte auf der RFID- Technik selbst und in der Analyse und Bewertung zur Nutzung im Bereich der Bauphysik an Bausystemen mit wichtigen funktionellen Einheiten (u.a. Fassade, Lüftung). D.h. bisher steht die Lebenszyklusphase "Erstellung" eines Bauwerks im Vordergrund. Im Anschlussvorhaben soll die Nutzungsphase eines Bauwerks untersucht werden, um die RFID- Kennzeichnungssysteme in den vieljährigen Zyklen des Baubetriebs und der Bauunterhaltung zu nutzen. Hierfür werden neben statischen Informationen über die Herkunft und Qualität eingesetzter Bauprodukte auch dynamische Informationen über den aktuellen Zustand dieser Bauteile oder Anlagen benötigt, da im Laufe der Nutzung Verschleiß, Alterung,

Verwitterung, Feuchtebelastung oder Verschmutzung die ursprünglichen Eigenschaften im Neuzustand maßgeblich ändern können (Bild 102). Dazu müssen ergänzend aktuelle Hilfsgrößen wie beispielsweise Temperatur, Druck, Feuchte (Kraft, Dehnung, Licht/ Beleuchtungsstärke) oder Frequenz (Tabelle 30) messtechnisch erfasst und ggf. auch über einen längeren Zeitraum protokolliert werden. In der TGA ist dies in neueren Objektbauten mit größeren Technikzentralen bereits z. T. Stand der Technik. Allerdings verursachen klassische Lösungen erheblichen Aufwand und Kosten, so dass ein Einsatz im Wohnungsbau sowie in gewerblichen Bestandsbauten kaum erfolgt. Bekanntermaßen übersteigen jedoch die Betriebskosten eines Gebäudes die Erstellungskosten um ein Vielfaches, worin ein erhebliches, derzeit noch unerschlossenes Potenzial für die RFID- Technik liegt.

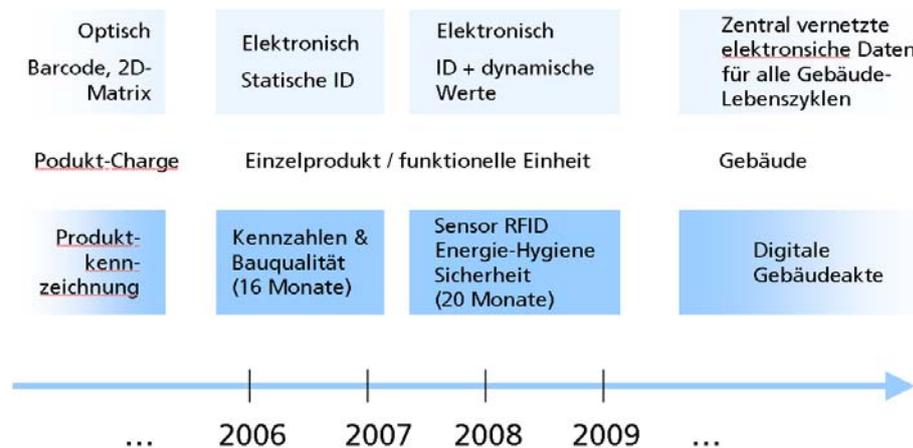


Bild 102: Zeitstrahl für die bisherige und geplante Entwicklung und Vernetzung von Auto-ID Lösungen mit bauphysikalischen Schwerpunkten.

Tabelle 30: Verwendbarkeit von Sensoren für Telemetrie- Transponder.

Sensor	Integrierbar	verwendbar für		Single- Chip Transponder
		passive Transponder	aktive Transponder	
Temperatur	✓	✓	✓	✓
Feuchte	✓	✓	✓	✓
Druck	Mikromechanik	✓	✓	✓
Schock	Mikromechanik	✓	✓	
Beschleunigung	Mikromechanik		✓	
Licht	✓	✓	✓	✓
Fluss	✓		✓	
pH- Wert	✓		✓	
Gase	✓		✓	
Leitwert	✓		✓	✓

Sogenannte Sensor- RFID- Etiketten (Sensor- Tags) verknüpfen idealerweise eine eindeutige Produktkennzeichnung (ID) mit der Möglichkeit diesem Produkt wichtige aktuelle Zustandsgrößen zuzuordnen, was eine abgesicherte, notfalls gerichts-feste Rückführbarkeit gewährleistet. Besonderer Nachholbedarf wird vor allem in 3 Bereichen gesehen:

- **Energie:** schlanke Messwerterfassung und Zustandskontrolle für Betriebsoptimierung von Heizungs- und Lüftungsanlagen, z.B. Temperaturspreizung VL/RL oder hydraulischer Abgleich, sowie korrekte Schließung von beweglichen Fassadenbauteilen wie Oberlichter und Lüftungsklappen.
- **Hygiene:** Turnusmäßige Überwachung der Hygiene von Lüftungsleitungen/ kontrollierter Wohnungslüftung, z.B. Tauwasseranfall, Verschmutzung, Reinigungsintervalle, Überwachung der Tauwasserbildung an Bauteil-Wärmebrücken,
- **Sicherheit:** Überprüfbarkeit des Ursprungs und der Qualität von Bauprodukten, Zustandskontrolle von automatisierten Fassadenkomponenten insbesondere RWA/ NRW- Elemente und Brandschutzelemente, präventives indirektes Erkennen von Verschleißgrenzen aufgrund übermäßiger Erwärmung, präventives Erkennen von zu hohen Bauteilfeuchten, insbesondere bei Holzkonstruktionen (Leimbinder, Holz- Glas-Fassaden) an unzugänglichen Stellen, Bild 103.

Insbesondere in Umfeldern in denen bislang keine MSR- Technik vorhanden ist, bietet sich der Einsatz eines möglichst schlanken Erfassungssystems an. Beispielsweise könnten Sensor- Tags direkt auf bestehende Heizungsrohre, Umwälzpumpen, Brandschutzkomponenten oder in Lüftungsanlagen im laufenden Betrieb, quasi als „minimal invasive Maßnahme“ integriert werden. Die anfallenden Daten ließen sich dann bei Servicearbeiten einbeziehen oder auch über ein zentrales Lesegerät im Technikraum mit angekoppelten Webservern externen Dienstleistern zur Betriebsoptimierung für turnusmäßige Abfragen zur Verfügung stellen.

Die Kennzeichnung und in- situ- Überprüfbarkeit von hochwertigen, sicherheitsrelevanten und betriebskostenintensiven Gebäudekomponenten mittels RFID- (Sensor)- Etiketten wird in Verbindung mit optionalen Web- Service- Modulen neue Anwendungen im Gebäudebetrieb generieren.

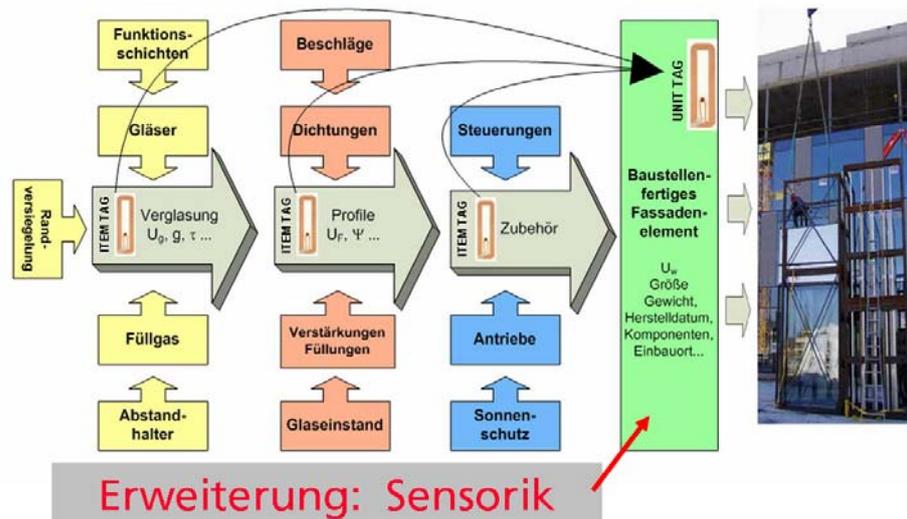


Bild 103: Möglichkeit der Erweiterung der bislang statischen Kennzeichnung um dynamische Kennwerte am Beispiel einer Glasfassade.

Somit ergeben sich als Nutzen aus der RFID-Technik im Anschluss an die Bauphase für den weiteren Gebäudebetrieb folgende Potenziale:

- Zustandsermittlung und -kontrolle von Brandschutz- und TGA- Komponenten (Abweichung vom Soll- Zustand frühzeitig erkennbar und zeitnah korrigierbar),
- Schutz vor Plagiaten sicherheitsrelevanter Bauteile zur Abwendung von Gefahren für Leib und Leben,
- Schlanke, kostengünstige Monitoringsysteme für Bestandsbauten und kleine Wohngebäude zur Betriebsoptimierung des Gebäudebetriebs,
- Kontextsensitive Baudokumentation für unterschiedliche Zielgruppen (Betreiber/FM, Nutzer, Wartungsdienst) und Anwendungsfelder (Sicherheits- oder technische Begehung, gerichtsfeste Dokumentation),
- Bereitstellung von Eingangsgrößen für rasche und präzise Gebäudebewertung über z.B. digitale Gebäudeakten (Energiepass, Nachweise höherwertiger Bauausführung, CO₂- Zertifikate).

Ein Ziel ist auch die Unterstützung eines Zertifizierungssystems für Nachhaltiges Bauen, das auf zuverlässigen, transparenten Kennzahlen basiert. Eine Kopplung der Datensätze aus der Bauphysik mit den Ökodaten zur Nachhaltigkeit kann aber nur dann erfolgreich sein, wenn weitere Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von Bauprodukten und Bausystemen, wie in § 5 Bauproduktengesetz [12] gefordert, durchgeführt werden. Auch dazu kann die RFID- Technik mit Hilfe der Sensor- Transponder einen wesentlichen Beitrag leisten.

13 Quellenverzeichnis

- [1] Bullinger H.- J., ten Hompel M. (Herausgeber): Internet der Dinge, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg 2007
- [2] Schmidt, N.: Wettbewerbsfaktor Baulogistik. Neue Wertschöpfungspotenziale in der Baustoffversorgung. Hamburg, Deutscher Verkehrs- Verlag, 2003.
- [3] Schmidt H.: Logistiknetzwerk Bau, Baustoffversorgung im Wohnungsbau, Fraunhofer- Institut IIS- ATL, 2004
- [4] König N., Sedlbauer K, Hartfuss C., Cottone N., Kamer K.: Baustelle der Zukunft – Innovationen für den Hochbau, Fraunhofer- Institute IBP und IPA, Stuttgart, 1996.
- [5] König et al: MaScer - Material- Scannersysteme für Bauüberwachung und Gebäudeverwaltung, Fraunhofer- Institut IBP und Gips- Schüle- Stiftung, 2000.
- [6] Gertis, K., König, N.: Prozessorientierte Implementierung von Bauphysik- Daten in die Planung und Ausführung von Bauwerken (PIBDAB), Projektantrag im BMBF- Programm: "Bauen und Wohnen", 22.05.2001.
- [7] ARGE RFIDimBau: Forschungscluster im BMVBS- Förderprogramm „Forschungsinitiative Zukunft Bau“, unter <http://www.RFIDimBau.de>, Oktober 2006
- [8] Weiß, R.: Aluminium- Fassaden –die Alternative für Alt- und Neubau; Vortragsunterlagen Fa. Hydro, 16.11.2007
- [9] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Herausgeber): Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID- Systemen, Secu Media Verlag , Bonn 2004
- [10] Hegner, H.- D., Ziele des Forschungsprogramms Zukunft Bau, BMVBS, unter http://www.bmvbs.de/Bauwesen/-_2481/Forschungsinitiative.htm und http://www.bbr.bund.de/cIn_005/nn_66474/DE/Forschungsprogramme/ZukunftBau/ZukunftBau.html
- [11] Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte, 89/106/EWG, 21.12.1988, zuletzt geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.09.2003, auch bekannt als Europäische Bauproduktenrichtlinie BPR

- [12] Bundestag: Deutsches Bauproduktengesetz (BauPG), 28.04.1998, zuletzt geändert 01.05.2004, siehe www.dibt.de/de/data/Bauproduktengesetz.pdf
- [13] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24. Juli 2007.
- [14] Bundestag: Deutsche Musterbauordnung (MBO), 07./08.11.2002
- [15] Landtag von Baden- Württemberg: Landesbauordnung für Baden- Württemberg (LBO), 08.08.1995, zuletzt geändert 25.04.2007
- [16] Heng, S.: RFID- Funkchips - Zukunftstechnologie in aller Munde, Deutsche Bank Research, Frankfurt a. M., Jan. und Nov. 2006
- [17] ISO/IEC 15459- 1:2006- 03: Informationstechnik – Eindeutige Identifikation – Teil 1: Eindeutige Identifikation von Transporteinheiten, Beuth- Verlag
- [18] ISO/IEC 15459- 2:2006- 03: Informationstechnik – Eindeutige Identifikation – Teil 2: Registrierungsverfahren, Beuth- Verlag
- [19] ISO/IEC 15459- 3:2006- 03: Informationstechnik – Eindeutige Identifikation – Teil 3: Allgemeine Regeln für die eindeutige Identifikation, Beuth- Verlag
- [20] ISO/IEC 15459- 4:2006- 03: Informationstechnik – Eindeutige Identifikation – Teil 4: Eindeutige Identifikation beim Versorgungskettenmanagement, Beuth- Verlag
- [21] ISO/IEC 15459- 5:2007- 06: Informationstechnik – Eindeutige Identifikation – Teil 5: Eindeutige Identifikation von Mehrweg- Transporteinheiten, Beuth- Verlag
- [22] ISO/IEC 15459- 6:2007- 06: Informationstechnik – Eindeutige Identifikation – Teil 6: Eindeutige Identifikation von Produktgruppen, Beuth- Verlag
- [23] ISO/IEC 15963: 2004- 09: Informationstechnik – Artikel – Identifizierung über Radiofrequenzen für das Managen des Warenflusses – Eindeutige Identifizierung von RF- Tags – Teil 6: Eindeutige Identifikation von Produktgruppen, Beuth- Verlag
- [24] Oehlmann, H.: „Weltweit eindeutig identifizieren - Ihr Weg mit Barcode & RFID“, unter http://www.euodatacouncil.org/Documente/070227_report-weltweit.pdf, Naumburg, Februar 2007

- [25] Frost & Sullivan (Herausgeber): Studie „ European Active Radio Frequency Identification Markets“, London, UK, November 2007
- [26] Frost & Sullivan: Conductive Polymers- Emerging Technology and Trends; Date Published: 23 Dec 2005
- [27] Finkenzeller, K.: RFID- Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. 4. Auflage. Hanser Fachbuchverlag, München (2006).
- [28] Oehlmann, H., Bericht zur Komiteesitzung der ISO/IEC JTC 1/ SC 31 über ADC- Standardisierung BC, RFID und Syntax, Toronto, Juni 2008
- [29] Walk, E., Standards für RFID, Ident- Jahrbuch, Ausgabe 4/2007
- [30] Walk, E. et al., Recommendations for European RFID Standardisation Activities, Final Report D3.05, CE- RFID, 21.12.2007, unter http://portal.etsi.org/docbox/ERM/Open/RFIDWorkshop200802/RFID03_12r1.pdf
- [31] EPCglobal/ GS1- Germany: Basisinformationen zu EPC und EDI, http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/epcglobal/epc_rfid/index_ger.html
- [32] K. Schiller, K. Entzian, Netzwerk Bau- Prozessoptimierung für Bauvorbereitung, Bauausführung und Facility Management, RKW- Tagung, 22.02.2008, unter www.rkw.de/02_loesung/00_Dok_Projekte/2008_VA_logistik_blochmann/Entzian.pdf
- [33] http://www.inhaus-zentrum.de/site_de/?node_id=2216
- [34] DIN V 4108- 6: 2003- 06: Wärmeschutz und Energie- Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs, Beuth- Verlag.
- [35] Sedlbauer, K., Wörle, G.: Ökobilanzierung von Bauprodukten, ohne Nutzungsphase nutzlos? Bauphysik 20 (1998), H. 6, S. 209 - 219.
- [36] BBR- BMVBS, Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Jan. 2001, 2. Auflage, unter http://www.bbr.bund.de/cIn_005/nn_22068/DE/ForschenBeraten/Bauwesen/NachhaltigesBauen/Leitfaden/start.html

- [37] Hegner, H.- D., Nachhaltiges und energieeffizientes Bauen aus der Sicht des Bundes, Auftaktveranstaltung der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), 18.01.2008, Berlin, in http://www.dgnb.de/fileadmin/downloads/auftaktveranstaltung/06_hans-die-ter-hegner_bmvbs.pdf
- [38] Tiefensee, W., Pressemitteilung zum ersten Gütesiegel für nachhaltiges Bauen, Tag der Deutschen Bauindustrie, Berlin 26.06.2008, in <http://www.bmvbs.de/Presse/Pressemitteilungen-1632.1043398/Tiefensee-stellt-erstes-Guetes.htm?global.printview=2&global.sprache=de>
- [39] Consense, Nachhaltigkeit hat Zukunft, Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen stärkt Bau- und Immobilienwirtschaft, Presseinformation, Juni 2008, unter http://www.dgnb.de/de/news/presseinfos/detail.php?we_objectID=285
- [40] Deutsches Institut für Bautechnik: Bauproduktdaten, Bemessungsregeln, Konformitätsbewertung, in Bauregelliste A, B und Liste C, 2007, Ernst-Sohn-Verlag, und www.dibt.de
- [41] Deutsches Institut Bauen und Umwelt (DIBU, früher AUB), Umweltproduktdeklarationen nach ISO 14045 (EPD), siehe <http://bau-umwelt.de/hp474/Umwelt-Produktdeklarationen-EPD.htm>
- [42] GaBi 4, Die Ökobilanz als Element der Ganzheitlichen Bilanzierung, aus <http://www.lbpgabi.uni-stuttgart.de/>
- [43] DIN EN ISO 14040:2006- 10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006), Beuth- Verlag
- [44] König, N., Würth, M., vom Bögel, G.: Projektantrag „RFID-Sensor- Transponder – Energie, Hygiene, Sicherheit“, BBR / BMVBS, 2007.
- [45] EU- Leitpapier F zur Bauproduktenrichtlinie-BPR-89/106/EWG Guidance Paper F, Dauerhaftigkeit, Fassung Dez. 2004, in <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/internal/guidpap/f.htm>
- [46] König, N., Würth, M.: Forschungsantrag „Dauerhafte Bauteilanschlüsse“, Bauforschungsprogramm 2005
- [47] BMVBS, Auftragsforschung: Qualitätssicherung für Bauprodukte in Verbindung mit der Marktüberwachung , Forschungsprogramm Zukunft Bau, Az.: 10.08.17.7- 08.3 vom 11. Juli 2008

- [48] Wirtschaftsministerium Baden- Württemberg: Verordnung des Wirtschaftsministeriums über das Übereinstimmungszeichen (Übereinstimmungszeichenverordnung - ÜZVO), 26.05.1998
- [49] Ribeiro, E.: Anwendungspotenziale von RFID im Glasfassadenbau; Diplomarbeit Universität Stuttgart erstellt am Fraunhofer IBP, März 2008
- [50] Heinkel, M.: Erfahrungen aus der Baupraxis, nicht veröffentlicht, 2007/2008.
- [51] Stöcker, M.: Anwendung von RFID- Sensoren zur Verbesserung der Bauqualität, Diplomarbeit Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fachbereich Elektrotechnik, erstellt am Fraunhofer IBP, April 2008
- [52] IS-ARGEBAU, Liste der Technischen Baubestimmungen LTB, Feb. 2008, Mustervorschriften-Mustererlasse/ Bauaufsicht-Bautechnik, in <http://www.is-ergebaut.de/?x=3DAO>
- [53] Facility-Server, Technische Information zur Gebäudefernüberwachung, Fa. RTS Automation, Berlin, 2008, in www.rts-automation.com
- [54] ARGE RFID: Manteldokument und Abstimmung der Schnittstellen innerhalb der ARGE, Vorplanung zu Projektphase 2, 2007 / 2008, in www.rfidimbau.de
- [55] Studie „Zweiter Dekra- Bericht zu Baumängeln an Wohngebäuden“, Dekra Real Estate Expertise GmbH, Saarbrücken, 1/2008
- [56] Küffner, P. u. Lummertzheim, O.: Schäden an Glasfassaden und -dächern, Fraunhofer IRB- Verlag, aus der Reihe Schadenfreies Bauen - Band 21, 2000
- [57] Jürgen Blauch: Bauschäden, Analyse und Vermeidung, Fraunhofer IRB Verlag, 1999
- [58] DIN EN 13830 : 2003- 11: Vorhangfassaden - Produktnorm. Beuth- Verlag
- [59] DIN EN 13947 : 2007- 07: Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten. Beuth- Verlag
- [60] Oberacker, R.: Der Weg zum CE- Zeichen für Vorhangfassaden, GFF Zeitschrift für GLAS FENSTER FASSADE, 2005
- [61] DIN EN 13363- 1 : 2007- 9: Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen, Teil 1: Vereinfachtes Berechnungsverfahren, Beuth- Verlag.

- [62] DIN EN 410: 1998- 12: Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalische Kenngrößen von Verglasungen, Beuth- Verlag.
- [63] Würth M.: Ermittlung des g- Wertes nach dem kalorimetrischen Messprinzip, in <http://www.ibp.fhg.de/gips/waerme/leistungsverzeichnis/index.html>
- [64] König, N., Würth, M., Zegowitz, A.: IBP- interne Schadensanalysen sowie Studien zu Prüfprozeduren und Gebrauchstauglichkeitsnachweisen von Sonderverglasungen, 2002 bis 2007, nicht veröffentlicht.
- [65] Stiftung Elbphilharmonie: Internetpräsenz zum Bauvorhaben, www.elbphilharmonie.de
- [66] Branchennachrichten: „Weiterer Schlag gegen Produktpiraten, Saint- Gobain Glass greift durch“, S. 8, Glas und Rahmen 12- 2006.
- [67] Gabriel, A.: Editorial „Schwindprozesse“, Ausbau und Fassade Heft 11- 2006
- [68] DIN EN 13141- 1 bis - 10: Leistungsprüfung von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen, Beuth- Verlag.
- [69] E DIN 4719:2006- 12: Lüftung von Wohnungen – Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnungen von Lüftungsgeräten, Beuth- Verlag.
- [70] E DIN 1946- 6:2006- 12: Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zu Bemessung, Ausführung, Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, Beuth- Verlag.
- [71] DIN V 4701- 10:2003- 08: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwasser, Lüftung, Beuth- Verlag.
- [72] DIN V 18599- 6:2007- 02: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz- , End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau.
- [73] Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

- [74] VDI 6022- 1:2006- 04: Hygiene- Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und –Geräte.
- [75] VDI 6022- 2:2007- 07: Hygiene- Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und - Geräte – Messverfahren und Untersuchungen bei Hygienekontrollen und Hygieneinspektionen.
- [76] DIN EN 12599:2000- 08: Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen. Beuth- Verlag.
- [77] DIN EN 15239:2007- 08: Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen. Beuth- Verlag.
- [78] DIN EN 13779:2007- 09: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme. Beuth- Verlag.
- [79] DIN EN 1886:1998- 07: Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumlufttechnische Geräte – Mechanische Eigenschaften und Messverfahren. Beuth- Verlag.
- [80] VDI 3801:2000- 06: Betreiben von Raumlufttechnischen Anlagen. Beuth- Verlag.
- [81] VDI 3809:1994- 06: Prüfung heiztechnischer Anlagen. Beuth- Verlag.
- [82] Verordnung des Wirtschaftsministeriums über Anforderungen an Feuerungsanlagen, Wärme- und Brennstoffversorgungsanlagen (Feuerungsverordnung – FeuVO) vom 24. November 1995.
- [83] Muster- Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (Muster- Lüftungsanlagen- Richtlinie M- LüAR) vom 29. September 2005.
- [84] Feist, W., Passivhaus Institut, <http://www.passiv.de/>.
- [85] Becker, M.; Gruler, M.: RLT- Kompletteräte in der gewerkeübergreifenden Gebäudeautomation. Fachjournal Gebäudeautomation (2002/03), S. 56- 61.
- [86] Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung).
- [87] Franzke, U.; Koch, H.: Flächenbedarf für die TGA – die neue VDI 2050. BHKS- Almanach 2007.
- [88] <http://www.fh-osnabrueck.de/7426.html>. (Stand: 08.11.07)

- [89] DIN 2403:2007- 05: Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff. Beuth- Verlag.
- [90] E VDI 6026:2007- 03: Planen, Bauen, Betreiben – Inhalte und Beschaffenheit von zugehörigen Planungs- , Ausführungs- und Revisionsunterlagen der technischen Gebäudeausrüstung. Beuth- Verlag.
- [91] <http://www.linear.de/userfiles/File/Downloads/Prospekte/Rohrnetzberechnung.pdf> (Stand: 03.04.08).
- [92] <http://www.wilo.de/cps/rde/xchg/de- de/layout.xsl/4880.htm> (Stand: 03.04.08).
- [93] <http://www.vaillant.de/stepone2/data/downloads/5b/45/00/Garantiebedingungen.pdf> (Stand: 03.04.08).
- [94] Wilo: Neue Voraussetzungen für Förderprogramm. HLH (2007), H. 6, S. 11.
- [95] U.: Die neue Maschinen- Richtlinie 2006/42/EG. Gesundheits- Ingenieur – gi 128 (2007), H. 2, S. 74- 76.
- [96] Wallerang, E.: Alternatives Heizen per Dienstleistung. VDI nachrichten, 04.05.2007. (http://www.vdi-nachrichten.com/vdi_nachrichten/aktuelle_ausgabe/akt_ausg_detail.asp?source=volltext&cat=2&id=33032&doPrint=1&doPrint=1.)

14 Anhänge

14.1 Anhang 1: Beispiele zur Kennzeichnung von Bauprodukten (Kap. 5.3.1)

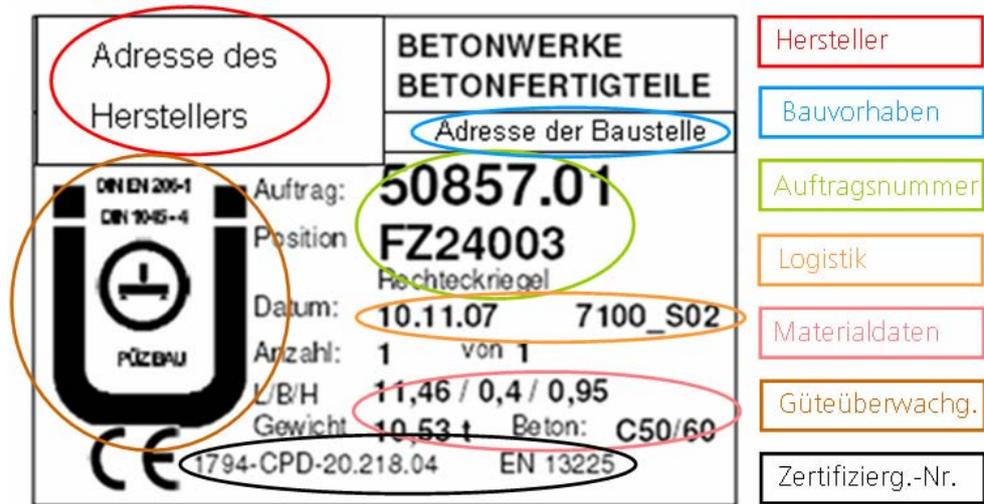


Bild 104:
Beispiel Kennzeichnung eines Betonfertigteils per Aufkleber.

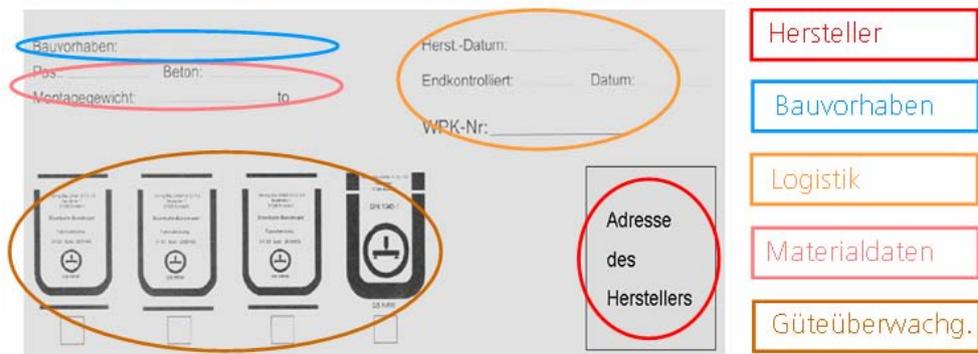
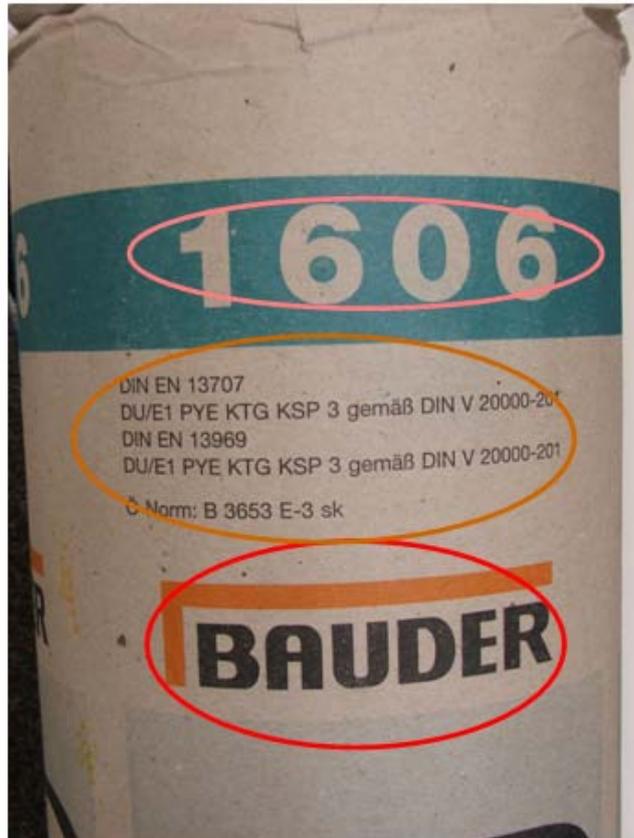
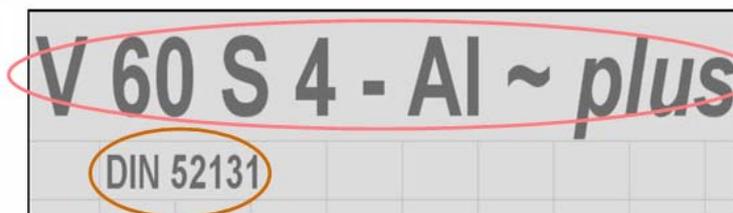


Bild 105:
Beispiel Kennzeichnung eines Betonfertigteils per Aufkleber.



- Hersteller
- Materialdaten
- Normung

Bild 106:
Beispiel Kennzeichnung einer Bitumen- Abdichtungsbahn auf der Verpackung.



- Materialdaten
- Güteüberwachg.

Bild 107:
Beispiel Kennzeichnung einer Bitumen- Abdichtungsbahn auf der Verpackung.

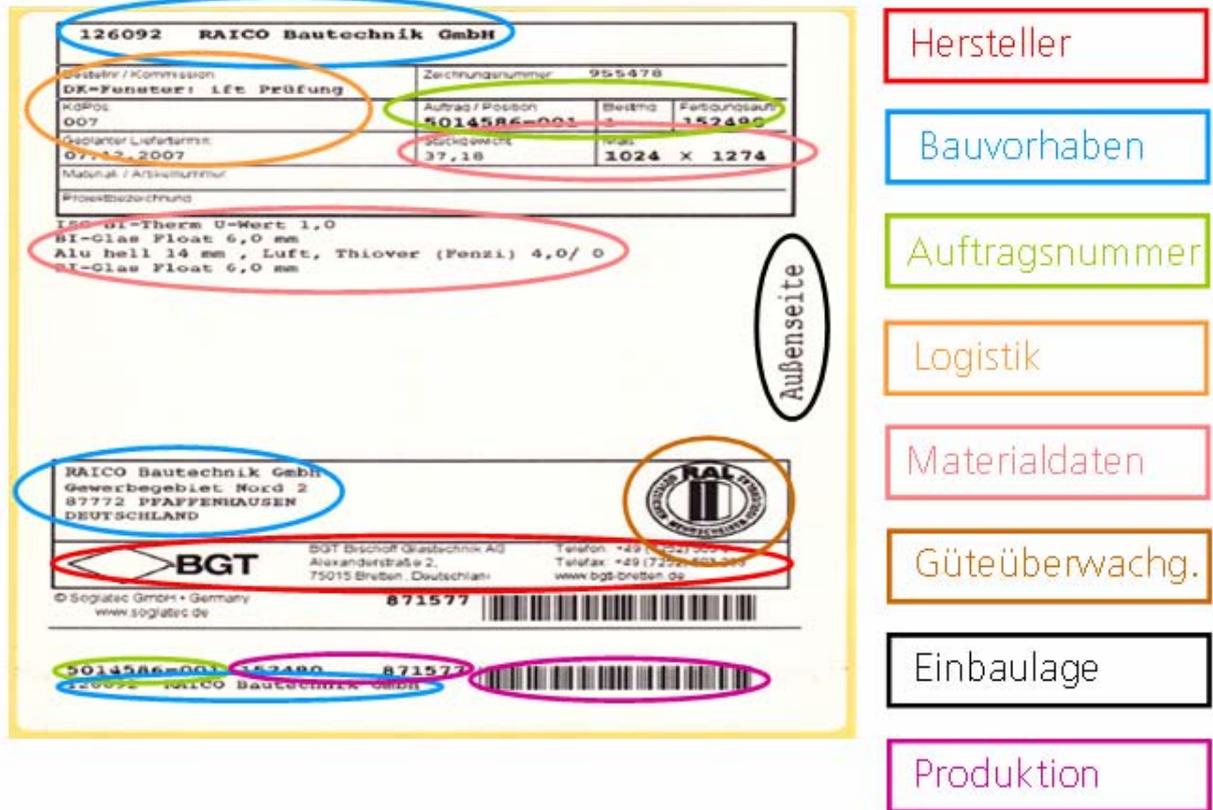


Bild 108:
Beispiel Kennzeichnung einer Mehrfachisolierverglasung per Aufkleber.



Bild 109:
Beispiel Kennzeichnung einer ESG- Verglasung per Aufdruck oder Ätzung.



Hersteller

Materialdaten

Bild 110:
 Beispiel Kennzeichnung eines Spezialklebebandes per Aufkleber auf Verpackung.



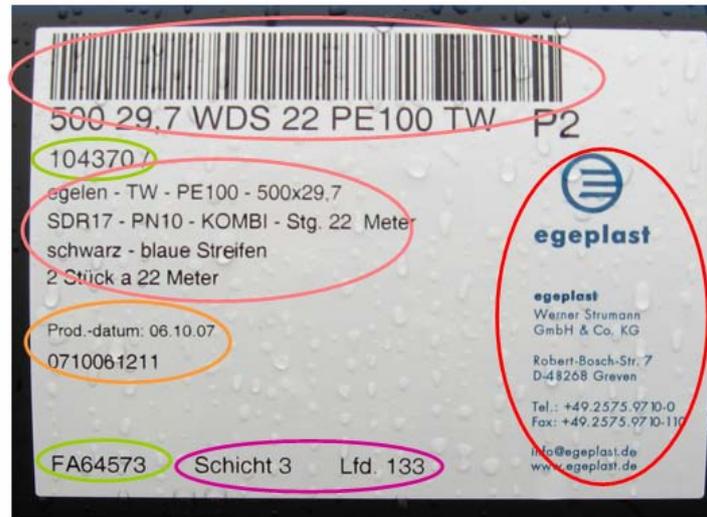
Hersteller

Auftragsnummer

Materialdaten

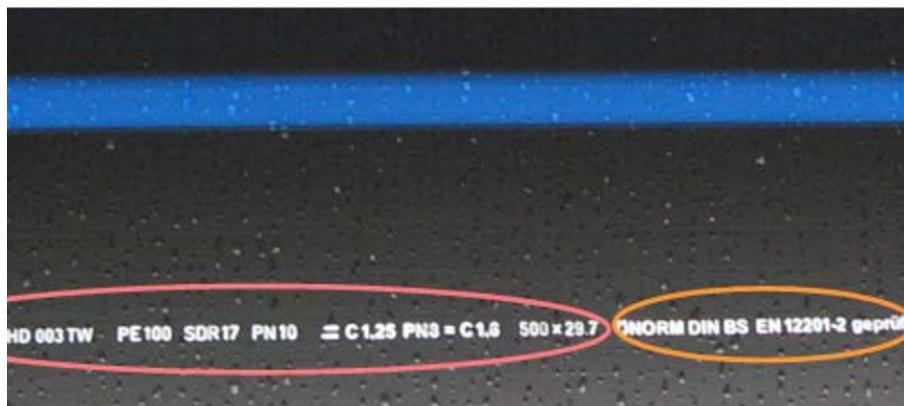
Güteüberwachg.

Bild 111:
 Beispiel Kennzeichnung einer Regalanlage als Typenschild.



- Hersteller
- Auftragsnummer
- Logistik
- Materialdaten
- Güteüberwachg.
- Produktion

Bild 112:
Beispiel Kennzeichnung eines Kunststoff- Rohres per Etikett.



- Materialdaten
- Güteüberwachg.

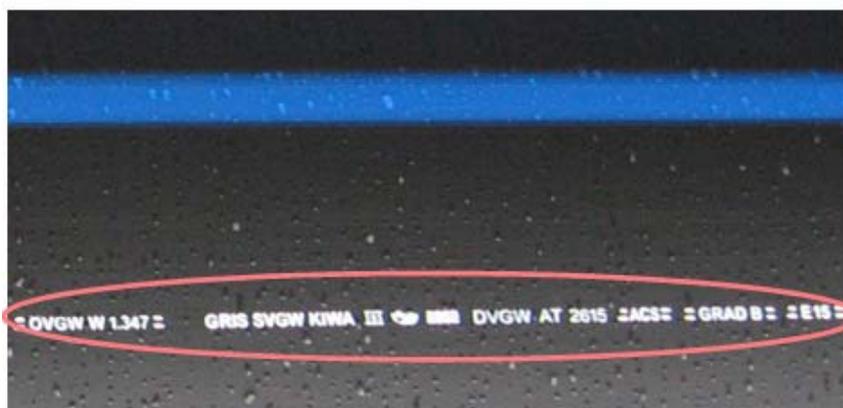


Bild 113:
Beispiel Kennzeichnung eines Kunststoff- Rohres per Aufdruck.

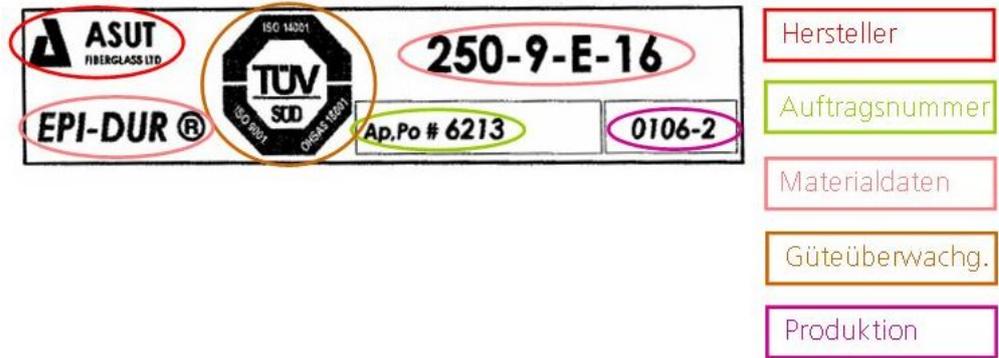


Bild 114:
Beispiel Kennzeichnung eines Fiberglas- Rohres per Etikett.



Bild 115:
Beispiel Kennzeichnung eines Mauersteins auf der Verpackung.

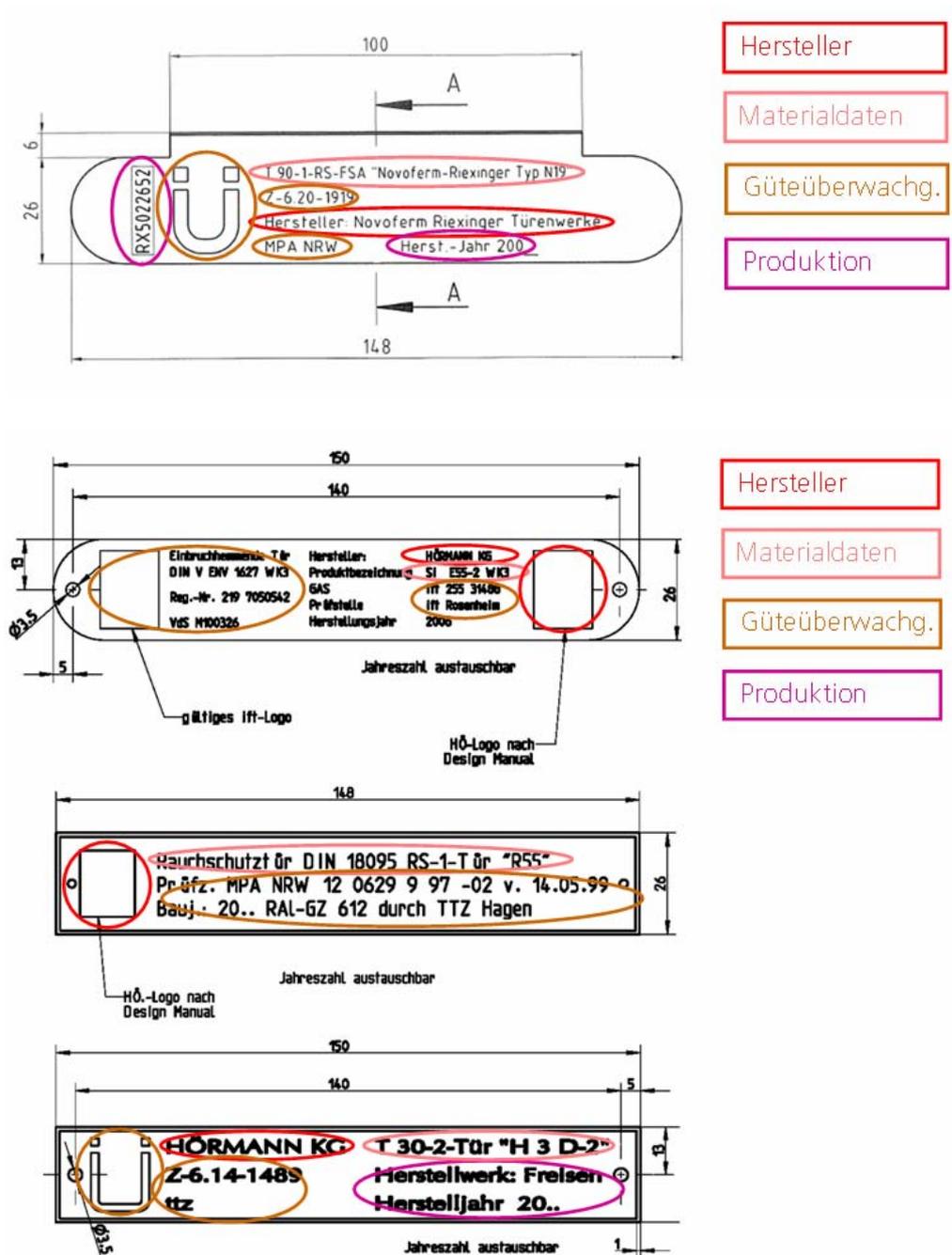
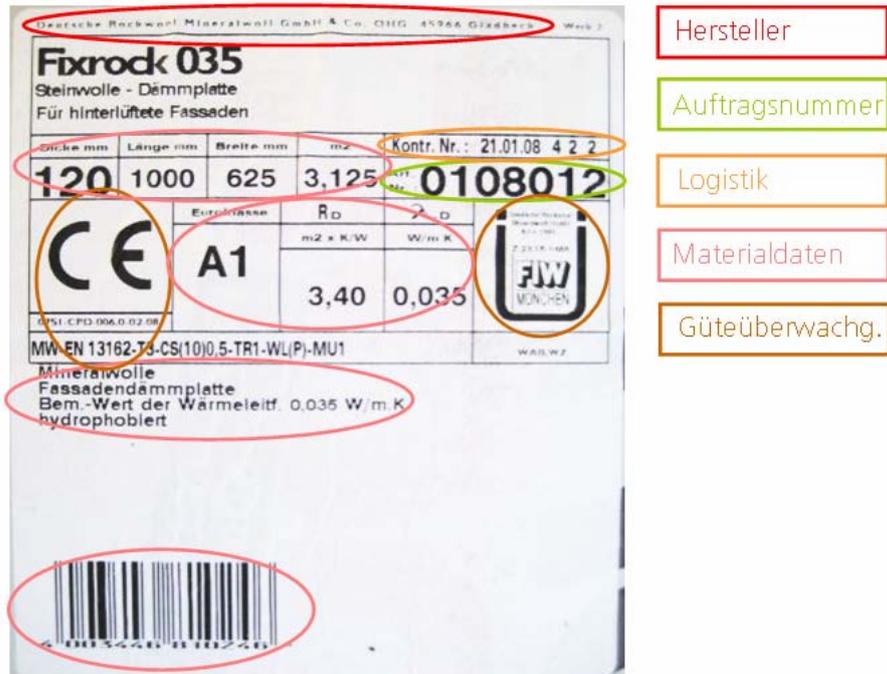


Bild 116:
Beispiele der Kennzeichnung bei Brandschutztüren per Typenschild.



- Hersteller
- Auftragsnummer
- Logistik
- Materialdaten
- Güteüberwachg.

Bild 117:
 Beispiel Kennzeichnung einer Wärmedämmung per Etikett an der Verpackung.

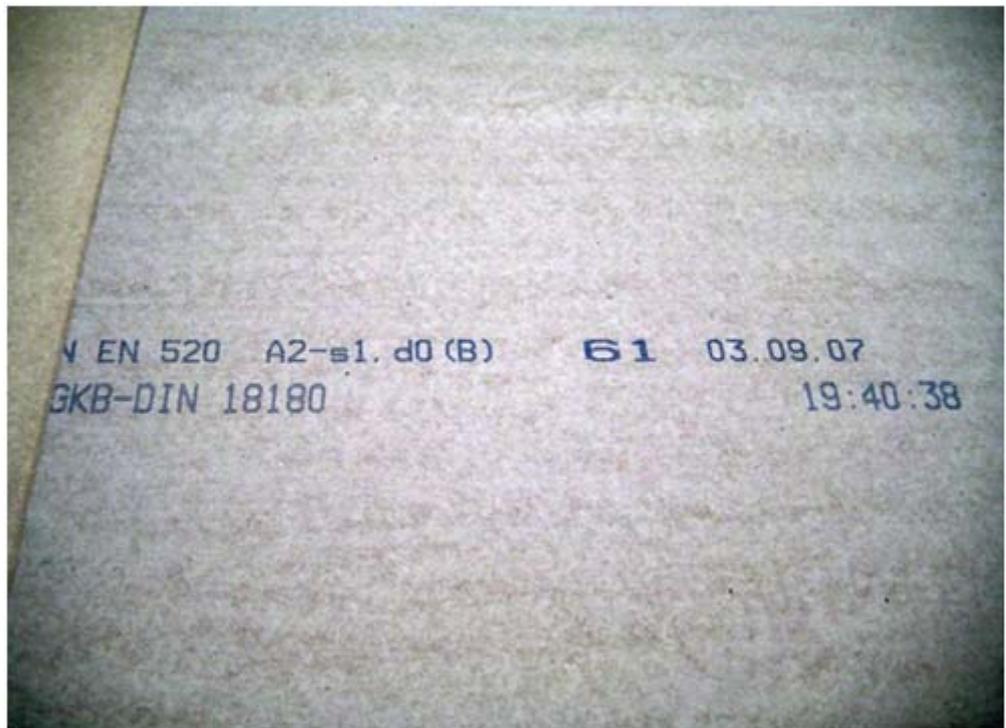


Bild 118:
 Beispiel rückseitige Kennzeichnung einer Gipskartonplatte.



Bild 119:
Beispiel Kennzeichnung von Metallprofilen für Trockenbauwand per Aufdruck.

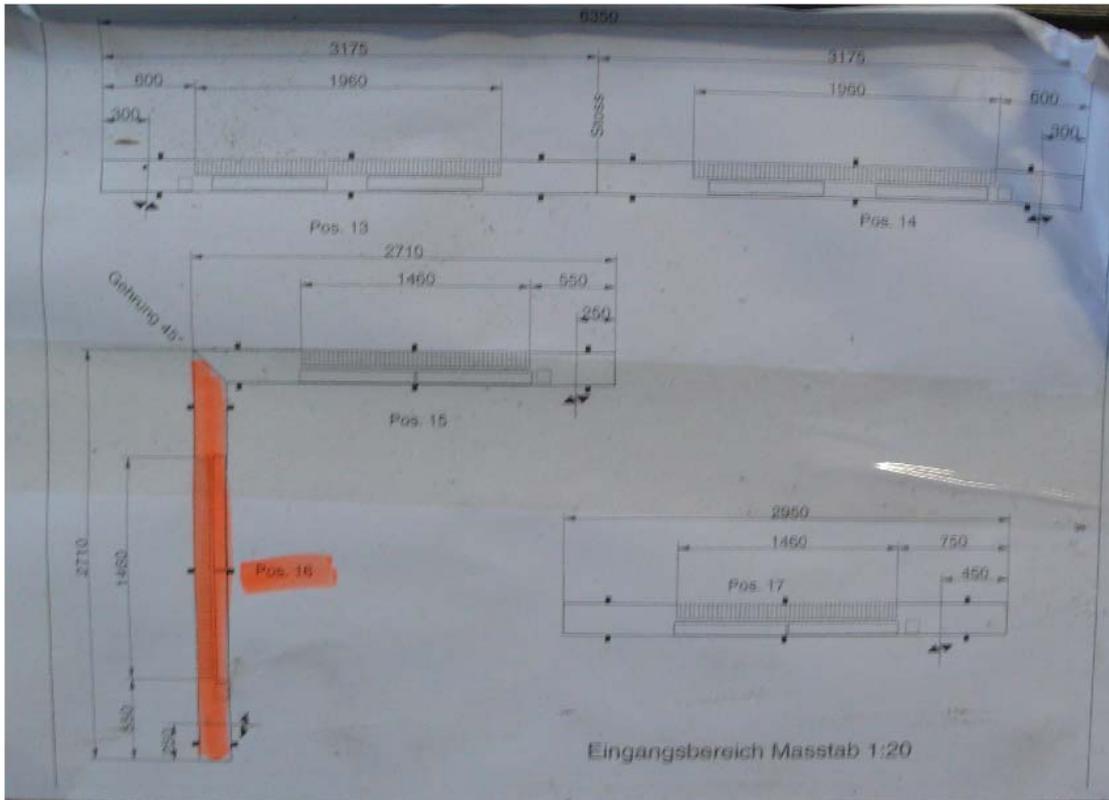


Bild 120:
 Beispiel Kennzeichnung der Einbauposition für einen Unterflurkonvektor sowie zugehörige Montageanleitung direkt am Produkt mittels Begleitscheine auf der Transportverpackung.

14.2 Anhang 2: Übersicht Kennwerte und Kennzeichnung für Fallbeispiel 1 horizontale Abdichtung (Kap. 5.4)

Nr..	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Kennzeichnung per Datenbank	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm		Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt	
1	Paul Bauder GmbH & Co.	Elastomer- Bitumenbahn DIN EN 13707 - Definitionen und Eigenschaften	Aufkleber auf Verpackung mit Angabe Fa., Art.- Nr., Normung Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, separat zum Planer oder Kunde	Produktdaten nur auf Datenbank im Internet Datenblatt unter: http://www.bauder.de/ximages/413398_tecksaduo.pdf	Werkstoff: - Geradheit - Flächenbezogene Masse - Kaltbiegeverhalten - Wärmestandfestigkeit - Zug- /Dehn- Verhalten - Wasserdichtheit - Brandverhalten - Widerstand Stoßbelastungen - Einfluss von Wasser - Widerstand Hagelschlag - Schälfestigkeit Fügenaht - Scherfestigkeit Fügenaht - Widerstand Weiterreißen - Widerstand Durchwurzelung	- Maßhaltigkeit - Formstabilität bei Temperaturänderung - Künstliche Alterung - Bestreuerungshaftung - Widerstand stat. Belastung - Wasserdampfdurchlässigkeit	Werkstoff: - Geradheit - Kaltbiegeverhalten - Wärmestandfestigkeit - Zugverhalten - Geradheit - Wasserdichtheit - Brandverhalten - Schälfestigkeit Fügenaht - Scherfestigkeit Fügenaht - Widerstand gegen Stoßbelastung - Widerstand gegen stat. Belastung - Maßhaltigkeit - Künstl. Alterung	<u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u> - Flächenbezogene Masse - Dehnverhalten - Widerstand Hagelschlag - Widerstand Weiterreißen - Widerstand Durchwurzelung - Formstabilität bei Temperaturänderung - Bestreuerungshaftung - Wasserdampfdurchlässigkeit <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u> - -
2	Soprema-Klema GmbH	Elastomer- Bitumenbahn DIN EN 13707 – Definitionen und Eigenschaften	Aufkleber auf Verpackung mit Angabe Fa., Produkt, Maße Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, separat zum Planer oder Kunde	Produktdaten auf Datenbank im Internet Datenblatt unter: http://www.soprema.com/cms/upload/pdfs/mm_mouth_ES.pdf	Werkstoff: - Geradheit - Flächenbezogene Masse - Kaltbiegeverhalten - Wärmestandfestigkeit - Zug- /Dehn- Verhalten - Wasserdichtheit - Brandverhalten - Widerstand Stoßbelastungen - Einfluss von Wasser - Widerstand Hagelschlag - Schälfestigkeit Fügenaht - Scherfestigkeit Fügenaht - Widerstand Weiterreißen - Widerstand Durchwurzelung	- Maßhaltigkeit - Formstabilität bei Temperaturänderung - Künstliche Alterung - Bestreuerungshaftung - Widerstand stat. Belastung - Wasserdampfdurchlässigkeit	Werkstoff: - Geradheit - Flächenbezogene Masse - Kaltbiegeverhalten - Wärmestandfestigkeit - Zugverhalten - Wasserdichtheit - Brandverhalten - Schälfestigkeit Fügenaht - Scherfestigkeit Fügenaht - Widerstand gegen Stoßbelastung - Widerstand gegen stat. Belastung - Maßhaltigkeit - Künstl. Alterung	- Widerstand Weiterreißen - Formstabilität - Bestreuerungshaftung - Wasserdampfdurchlässigkeit <u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u> - Dehnverhalten <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u> - -

Nr.	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Kennzeichnung per Datenbank	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm		Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt	
3	Alwitra GmbH & Co Klaus Göbel	Kunststoffbahn (EVA, EPDM/ PP) DIN EN 13967 – Definitionen und Eigenschaften	Aufkleber auf Verpackung und Aufdruck bei den Bahnen mit Angabe zu Firma, Produkt, Maße Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, separat zum Planer oder Kunde	Produktdaten auf Datenbank im Internet Datenblatt unter: http://www.alwitraindex.php?id=downlds&no_cache=1&tdownloads_pi1	Werkstoff: - Maßhaltigkeit - Wasserdichtheit - Widerstand Stoßbelastung - Verträglichkeit mit Bitumen - Weiterreißwiderstand - Scherfestigkeit der Fügenaht - Wasserdampfdurchlässigkeit - Widerstand gegen statische Belastung - Reißfestigkeit	- Reißdehnung - Widerstand gegen Verformung unter Last - Brandverhalten - Künstliche Alterung - Dauerhaftigkeit der Wasserdichtheit gegen Chemikalien - Verträglichkeit mit Bitumen	Werkstoff: - Maßhaltigkeit - Wasserdichtheit - Widerstand Stoßbelastung - Verträglichkeit mit Bitumen - Weiterreißwiderstand - Scherfestigkeit der Fügenaht - Wasserdampfdurchlässigkeit - Widerstand gegen statische Belastung - Reißfestigkeit - Reißdehnung - Brandverhalten - Künstliche Alterung - Dauerhaftigkeit der Wasserdichtheit gegen Chemikalien	- Verträglichkeit mit Bitumen - Widerstand gegen Durchwurzelung - Falzen bei tiefer Temperatur <u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u> - Widerstand gegen Verformung unter Last <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u> - Widerstand gegen Durchwurzelung - Falzen bei tiefer Temperatur
4	Sika Deutschland GmbH	Kunststoffbahn (PVC, FPO) EN 13956 – Definitionen und Eigenschaften (+ Kunststoffbahn aus Polymeren ECB)	Aufkleber auf Verpackung und Aufdruck bei den Bahnen mit Angabe zu Firma, Produkt, Maße Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, separat zum Planer oder Kunde	Produktdaten auf Datenbank im Internet Datenblatt unter: http://www.sika.de/f_datenblatt_sfilts_77-15.pdf	Werkstoff: - Geradheit - Planlage - Maßhaltigkeit - Effektive Dicke - Flächenbezog. Masse - Wasserdichtheit - Feuerverhalten - Brandverhalten - Schälwiderstand Fügenaht - Scherwiderstand Fügenaht - Zugfestigkeit - Zugdehnung - Widerstand gegen stoßartige Belastung	- Widerstand gegen statische Belastung - Weiterreißwiderstand - Widerstand Durchwurzelung - Falzen bei tiefen Temperatur - UV- Bestrahlung, hohe Temp. - Einwirkung Chemikalien - Widerstand Hagelschlag - Wasserdampfdurchlässigkeit - Ozonbeständigkeit - Einwirkung von Bitumen	Werkstoff: - Geradheit - Planlage - Effektive Dicke - Flächenbezog. Masse - Wasserdichtheit - Widerstandsfähigkeit Flugfeuer und Wärme - Brandverhalten - Schälwiderstand Fügenaht - Scherwiderstand Fügenaht - Zugfestigkeit - Zugdehnung - Widerstand gegen stoßartige Belastung - Widerstand gegen statische Belastung	- Weiterreißwiderstand - Maßhaltigkeit - Falzen bei tiefer Temperatur - UV- Bestrahlung - Einwirkung Chemikalien - Widerstand Hagelschlag - Wasserdampfdurchlässigkeit - Einwirkung von Bitumen <u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u> - Widerstand Durchwurzelung - Maßhaltigkeit - Ozonbeständigkeit <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u> - -

Nr.	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Kennzeichnung per Datenbank	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm		Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt	
5	Icopal GmbH	Kunststoffbahn aus Polymer-Bitumen (PYE, POCB) DIN EN 13956 – Definitionen und Eigenschaften (+ Elastomer- Bitumenbahn nach DIN EN 13707)	Aufkleber auf Verpackung und Aufdruck auf den Bahnen mit Angabe Fa., Produkt, Maße Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, nur separat zum Planer od. Kunden	Produktdaten auf Datenbank im Internet Datenblatt unter: http://icopal-in-fo.de/pdf/pd/22102	Werkstoff: - Geradheit - Planlage - Maßhaltigkeit - Effektive Dicke - Flächenbezog. Masse - Wasserdichtheit - Feuerverhalten - Brandverhalten - Schälwiderstand Fügenaht - Scherwiderstand Fügenaht - Zugfestigkeit - Zugdehnung - Widerstand gegen stoßartige Belastung	- Widerstand gegen statische Belastung - Weiterreiswiderstand - Widerstand Durchwurzelung - Falzen bei tiefer Temperatur - UV- Bestrahlung, hohe Temp. - Einwirkung Chemikalien - Widerstand Hagelschlag - Wasserdampfdurchlässigkeit - Ozonbeständigkeit - Einwirkung von Bitumen	Werkstoff: - Wasserdichtheit - Widerstand gegen Flugfeuer und Wärme - Brandverhalten - Schälwiderstand Fügenaht - Scherwiderstand Fügenaht - Zugfestigkeit - Zugdehnung - Widerstand gegen stoßartige Belastung - Widerstand gegen statische Belastung - Weiterreißwiderstand - Widerstand Durchwurzelung - Falzen bei tiefer Temperatur - Falzen in Kälte bei Alterung und Wärmestandfestigkeit bei Alterung - Maßhaltigkeit - UV- Bestrahlung - Wärmestandfestigkeit - Wasserdampfdiffusions- widerstandszahl	<u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u> - Geradheit - Planlage - Effektive Dicke - Flächenbez. Masse - Einwirkung Chemikalien - Widerstand Hagelschlag - Ozonbeständigkeit - Einwirkung von Bitumen <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u> - Wärmestandfestigkeit

14.3 Anhang 3: Übersicht Kennwerte und Kennzeichnung für Fallbeispiel 2 Trockenbauwand (Kap. 5.4)

Nr.	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Elektronische Produktinformation	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm	Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt
1	<p>Saint- Gobain gips GmbH</p> <p>Hersteller von Gipsplatten, Zukauf von Wärme-Dämmung und Metallständer</p>	<p>Wand- , Decken- und Bodenkonstruktionen</p> <p>DIN EN 520 DIN 18180 Gipsplatte,</p> <p>DIN EN 13162 Wärmedämmung</p> <p>DIN EN 14195 DIN 18182 Metallständer</p>	<p>Farbaufdruck bei der Gipsplatte: DIN, CE, Ü- Zeichen, Dicke, Länge, Hersteller, Datum, Chargen-Nr. Baustoffklasse, Brennbarkeit. (auf Vorder- und Rückseite und an Kante)</p> <p>Bei der MW nur auf der Verpackung</p> <p>Produktdatenblatt nicht in der Lieferung. per Download vom Planer oder Kunde abrufbar</p>	<p>Produktdaten und Kennwerte der einzelnen Baustoffe vorhanden</p> <p>Datenblatt für Gipsplatten unter: http://www.rigips.de/cnlo-ad/pdb_bauplatte_rb_5.pdf</p> <p>Datenblatt für die Gesamtkonstruktion: http://www.rigips.de/cnload/TA_Schallschutz_mit_Rigips-Montage-waenden.pdf</p>	<p>Werkstoff Gipsplatten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - flächenbezogene Masse - Biegebruchlast - E- Modul - Scherfestigkeit - Biegezugfestigkeit - Durchbiegung unter Last (falls erforderlich) - Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl - Luftdurchlässigkeit - Wärmeleitfähigkeit - Wasseraufnahmeklasse - Abgabe gefährl. Substanz <p>Werkstoff Wärmedämmung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wärmedurchlasswiderstand - Wärmeleitfähigkeit - Ebenheit, DIM- Stabilität - Zugfestigkeit senkrecht zur Platte - Druckfestigkeit - Punktlasten - Kriechverhalten - Wasseraufnahme - Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl - Dynam. Steifigkeit - Zusammendrückbarkeit - Strömungswiderstand - Abgabe gefährl. Substanz <p>In Gesamtkonstruktion zu ermitteln: (aber nur falls erforderlich)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baustoffklasse - Feuerwiderstand - Stoßwiderstand - Schallabsorption - Luftschalldämmung 	<p>Kennwerte von der Firma im Internet angegeben:</p> <p>Werkstoff Gipsplatte: <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - spez. Wärmekapazität - Wärmeausdehnungskoeffizient - Diffus. äquiv. Luftschichtdicke - Austrocknungszeit - kapillare Steighöhe - Feuchtigkeitsaufnahme - Längenänderung bei Luftfeuchte - kristallin gebundenes Wasser - Belastung durch Wärme - Oberflächenwiderstand und Oberflächendurchgangswiderstand - pH- Wert - Luftdurchlässigkeit <p><u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Luftdurchlässigkeit - Abgabe gefährl. Substanz <p>Werkstoff Metallständer: Die Metallständer sind mit CE und Konformitätserklärung nach Norm. Kein Datenblatt vorh.</p> <p>Werkstoff Wärmedämmung: <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Baustoffklasse <p><u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Druckfestigkeit - Punktlasten - Kriechverhalten - Wasseraufnahme - Dynam. Steifigkeit - Zusammendrückbarkeit - Schallabsorption - Strömungswiderstand - Abgabe gefährl. Substanz <p>Gesamte Konstruktionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schalldämmmass - Schall- Längsleitung - fehlend: Brandschutzklasse, Stoßwiderstand und Schallabsorption <p>Kennwerte im Prüfzeugnis: Für Gipsplatte und Gesamtkonstruktion gibt es Prüfzeugnisse auf Anforderung</p>

Nr.	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Elektronische Produktinformation	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm		Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt	
2	Knauf Gips KG Hersteller von Gipsplatten. Mineralwolle Ständerwände über Tochterfirmen	Wand-, Decken- und Bodenkonstruktionen DIN EN 520 DIN 18180 Gipsplatte, DIN EN 13162 Ö Norm 13168 Wärmedämmung DIN EN 14195 DIN 18182 Metallständer	Aufkleber auf der Verpackung überall Farbaufdruck bei der Gipsplatte: DIN, CE, Ü- Zeichen, Dicke, Länge, Hersteller, Datum, Chargen-Nr. Baustoffklasse, Brennbarkeit. Bei der MW nur auf der Verpackung Produktdatenblatt nicht in der Lieferung nur separat zum Planer oder Kunde	Produktdaten auf Datenbank im Internet Datenblatt für die Gesamtkonstruktion: http://www.knauf.de/?id=1112 Gipsplatten im Gipsdatenbuch unter: http://www.gips.de/inf/bvg/publik/datenbuch/Datenbuch.pdf Datenblatt für die Mineralwolle unter: http://www.heraklith.at/frame_neuebene3=Downloads&ebene2=&ebene1=&ebene2=&type	Werkstoff Gipsplatten: - flächenbezogene Masse - Biegebruchlast - E- Modul - Scherfestigkeit - Biegezugfestigkeit - Durchbiegung unter Last (falls erforderlich) - Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl - Luftdurchlässigkeit - Wärmeleitfähigkeit - Wasseraufnahmeklasse - Abgabe gefährl. Substanz Werkstoff Wärmedämmung: (nach Ö- Norm 13168) - Wärmedurchlasswiderstand - Wärmeleitfähigkeit - Toleranzen - Flächenbezogene Masse - Chloridgehalt - Dimensionsstabilität - Zugfestigkeit senkrecht zur Platte - Tragfähigkeit - Abgabe gefährlicher Substanzen - Tragfähigkeit	In Gesamtkonstruktion zu ermitteln: (aber nur falls erforderlich) - Baustoffklasse - Feuerwiderstand - Stoßwiderstand - Schallabsorption - Luftschalldämmung	Kennwerte von der Firma im Internet angegeben: Bei Produktdatenblätter Werkstoff Gipsplatten wird verwiesen auf das „Gipsdatenbuch“ (70 Seiten) beim Bundesverband der Gipsindustrie unter www.gips.de Die meisten Normwerte sind hierin enthalten und das Produkt selber erfüllt diese Anforderungen. Ein eigenes Produktdatenblatt ist nicht hältlich. Kennwerte fehlend zur Norm: - Luftdurchlässigkeit - Abgabe gefährl. Substanz (Verweis auf Naturgips in Lagerstätten) Kennwerte zusätzlich zur Norm: - Baustoffklasse - Wärmeeindringkoeffizient - Druckfestigkeit - Oberflächenhärte - Quellen - kapillare Steighöhe Werkstoff Metallständer: unter der Tochterfirma Richter System im Internet unter www.richtersystem.com Kein Produktdatenblatt davon, weil nicht zulassungspflichtig.	Datenblatt für Mineralfaser unter der Tochterfirma Knauf Insulation im Internet unter http://www.knaufinsulation.de/uploads/index.htm Werkstoff Wärmedämmung: (Herstellung nach Ö- Norm) Kennwerte zusätzlich zur Norm: - Baustoffklasse - Biegefestigkeit - Druckspannungen - Wasserdampfdiffusion - Spez. Wärmekapazität Kennwerte fehlend zur Norm: - Tragfähigkeit - Zugfestigkeit senkrecht zur Platte Gesamte Konstruktion: - Baustoffklasse - Feuerwiderstandsklasse - Wärmedurchgangskoeffizient - Schalldämmmaß Kennwerte im Prüfzeugnis: Für Gipsplatte, Wärmedämmung Gesamtkonstruktion gibt es Prüfzeugnisse auf Anforderung.

Nr.	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Elektronische Produktinformation	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm	Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt
3	Lafarge Gips GmbH Hersteller von Gipsplatten und einiger Metallständer, kauf bei der Wärmedämmung	Wand-, Decken- und Bodenkonstruktionen DIN EN 520 DIN 18180 Gipsplatte, DIN EN 13162 Wärmedämmung DIN EN 14195 DIN 18182 Metallständer	Aufkleber auf der Verpackung überall Aufdruck am Produkt: DIN, Önorm, CE, Ü- Zeichen, Marke, Dicke, Länge, Werk, Datum, Chargen-Nr., Brennbarkeit. Bei der Mineralwolle nur auf der Verpackung Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, separat zum Planer oder Kunde	Fast keine Kennwerte (nur F- Klasse und Schalldämmmaß) Datenblatt für die Gipsplatte: http://www.lafarge-gips.de/fileadmin/user_upload/images/Produkte_utme/Produktdatenblaetter/Bauplatten Datenblatt für die Gesamtkonstruktion: http://www.lafarge-gips.de/fileadmin/user_upload/PDF/Systemuebersicht/L11-L12.pdf	Werkstoff Gipsplatten: - flächenbezogene Masse - Biegebruchlast - E- Modul - Scherfestigkeit - Biegezugfestigkeit - Durchbiegung unter Last (falls erforderlich) - Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl - Luftdurchlässigkeit - Wärmeleitfähigkeit - Wasseraufnahmeklasse - Abgabe gefährl. Substanz Werkstoff Wärmedämmung: - Wärmedurchlasswiderstand - Wärmeleitfähigkeit - Ebenheit, DIM- Stabilität - Zugfestigkeit senkr. Zur Platte - Druckfestigkeit - Punktlasten - Kriechverhalten - Wasseraufnahme - Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl - Dynam. Steifigkeit - Zusammendrückbarkeit - Schallabsorption - Strömungswiderstand - Abgabe gefährl. Substanz In Gesamtkonstruktion zu ermitteln: (aber nur falls erforderlich) - Baustoffklasse - Feuerwiderstand - Stoßwiderstand - Schallabsorption - Luftschalldämmung	Kennwerte aus dem Produktdatenblatt: Werkstoff Gipsplatte: <u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u> - E- Modul - Scherfestigkeit - Luftdurchlässigkeit - Wasseraufnahmeklasse <u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u> - Druckfestigkeit - Brinellhärte - max. Anwendungstemperatur - Feuchtigkeitsgehalt bei 20° C - therm. Längenausdehnungs.koeff. - feuchtespez. Längenausdehnung Werkstoff Wärmedämmung: Datenblätter zur Mineralfaserdämmung nicht vorhanden. Werkstoff Metallständer: Die Metallständer sind mit CE und Konformitätserklärung nach Norm. Kein Datenblatt vorh.

Kennwerte von der Firma im Internet angegeben (aus der Systemübersicht):
Gesamte Konstruktion:
- Baustoffklasse
- Feuerwiderstandsklasse
- Luft- Schalldämmmaß
- beim Aufbau mit Wärmedämmfunktion auch Angabe von Wärmekennwerten (Rohdichte, Baustoffklasse)

Kennwerte im Prüfzeugnis:
Für Gipsplatte und Gesamtkonstruktion gibt es Prüfzeugnisse auf Anforderung.

Nr..	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Elektronische Produktinformation	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm		Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt	
4	<p>Danogips GmbH + Co. KG</p> <p>Hersteller von Gipsplatten und Metallständer, Zukauf bei der Wärmedämmung</p>	<p>Wand-, Decken- und Bodenkonstruktionen</p> <p>DIN EN 520 DIN 18180 Gipsplatte, DIN EN 13162 Wärmedämmung DIN EN 14195 DIN 18182 Metallständer</p>	<p>Aufkleber auf der Verpackung überall</p> <p>Aufdruck am Produkt: DIN, CE, Ü- Zeichen, Marke, Dicke, Länge, Werk, Datum, Chargen-Nr., Brennbarkeit.</p> <p>Bei der MW nur auf der Verpackung</p> <p>Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, über Download im Internet</p> <p>Spezielle Projektberechnungen direkt zum Planer oder Kunde</p>	<p>Produktdaten auf Datenbank im Internet</p> <p>Datenblatt für die Gipsplatte: http://www.danogips.ms/upload/downloads/produktDaten/DANOBauPd01.pdf</p> <p>Datenblatt für die Ges.konstruktion für Schalldämmung: http://www.danogips.ms/upload/downloads/bau- en/Bewertete_Schalldammase.pdf</p> <p>Datenblatt Brandschutz für die Ges.konstruktion: http://www.danogips.ms/upload/downloads/brandschutzkonstronen-teil1.pdf</p>	<p>Werkstoff Gipsplatten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - flächenbezogene Masse - Biegebruchlast - E- Modul - Scherfestigkeit - Biegezugfestigkeit - Durchbiegung unter Last (falls erforderlich) - Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl - Luftdurchlässigkeit - Wärmeleitfähigkeit - Wasseraufnahmeklasse - Abgabe gefährl. Substanz <p>Werkstoff Wärmedämmung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wärmedurchlasswiderstand - Wärmeleitfähigkeit - Ebenheit, DIM- Stabilität - Zugfestigkeit senk. z. Platte - Druckfestigkeit - Punktlasten - Kriechverhalten - Wasseraufnahme - Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl - Dynam. Steifigkeit - Zusammendrückbarkeit - Schallabsorption - Strömungswiderstand - Abgabe gefährl. Substanz <ul style="list-style-type: none"> - Brandverhalten (Verweis auf Prüfnorm) - Schallabsorption (Verweis auf Prüfnorm) 	<p>In Gesamtkonstruktion zu ermitteln:</p> <p>(aber nur falls erforderlich)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baustoffklasse - Feuerwiderstand - Stoßwiderstand - Schallabsorption - Luftschalldämmung 	<p>Kennwerte aus dem Produktdatenblatt:</p> <p>Werkstoff Gipsplatten: <u>Kennwerte fehlend zur Norm:</u> --</p> <p><u>Kennwerte zusätzlich zur Norm:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Baustoffklasse - pH- Wert - Längenänderungen - Oberflächenwiderstand - Durchgangswiderstand - Druckfestigkeit - Oberflächenhärte - Haftfestigkeit <p>Werkstoff Wärmedämmung: Datenblätter zur Mineralfaserdämmung nicht vorhanden.</p> <p>Werkstoff Metallständer: Die Metallständer sind mit CE und Konformitätserklärung nach Norm. Kein Datenblatt vorh.</p>	<p>Kennwerte von der Firma im Internet angeben:</p> <p>Gesamte Konstruktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Feuerwiderstandsklasse - Schalldämmmaß <p>- zusätzlich für die Wärmedämmung, wenn in der Gesamtkonstruktion enthalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baustoffklasse - Schmelzpunkt - Raumgewicht <p>Kennwerte im Prüfzeugnis: Für Gipsplatte und Gesamtkonstruktion gibt es Prüfzeugnisse auf Anforderung</p>

Nr..	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Elektronische Produktinformation	Kennwerte Vorgesprochen nach Norm	Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt
5	Xella Internat. GmbH (Fermacell) Hersteller von Gipsfaserplatten, Zulieferung von Wärmedämmung und Metallständer	Wand-, Decken- und Bodenkonstruktionen momentan keine Produktnorm für Gips- Faser- Platten ETA- 03- 0050 DIN EN 13162 Wärmedämmung DIN EN 14195 DIN 18182 Metallständer	Aufkleber an der Verpackung und Aufdruck am Material Hersteller, Datum, Werk, Linie, Dicke, ETA- Zulassung Bei der MW nur auf der Verpackung Produktdatenblätter Gipsplatten und ETA- lassung im Internet verfügbar	Produktinformationen auf Datenbank im Internet Datenblatt für die Gipsplatte: http://www.xella.de/html/deu/de/fermacell_wnloads.php (Gipsfaserprogramm Wand, laden bei Montagewände) Datenblätter für Gesamtkonstruktion unter: http://fermacell.xella.de/downloads/deu/broschures/fermacell_konstruktion.pdf	Werkstoff Gipsfaserplatten (Kennwerte nach der ETA- Zulassung) - Biegefestigkeit - Rohdichte - Brandverhalten - Wärmeleitfähigkeit - Brinellhärte - E- Modul - Schubmodul - zul. Spannungen - charakt. Festigkeiten - Wasserdampfdiff.widerst. - Quellen und Schwinden - Ausgleichsfeuchte ETA- Zulassung im Download unter: http://www.xella.de/downloads/deu/certifications/ETA-03-0050_Gipsfaserplatten_D_E.pdf	Kennwerte von der Firma im Internet angegeben: Werkstoff Gipsfaserplatten: <u>Kennwerte zusätzlich zur ETA:</u> - thermischer Ausdehnungskoeffizient - pH- Wert <u>Kennwerte fehlend zur ETA:</u> - - Werkstoff Wärmedämmung und Metallständer: Die Produktdatenblätter für das Zuliefermaterial Wärmedämmung und Metallständer sind entsprechend den Herstellerangaben dieser Zulieferer.

Gesamte Konstruktionen:
- flächenbezogene Masse
- Luftschalldämmass
- Schall- Längsdämmung
- Feuerwiderstandsklasse
- Wärmedurchlasswiderstand (für Trockenputzsysteme oder Wandbekleidungen)

Kennwerte im Prüfzeugnis:
Für Gipsplatte und Gesamtkonstruktion gibt es Prüfzeugnisse auf Anforderung.

14.4 Anhang 4: Übersicht Kennwerte und Kennzeichnung für Fallbeispiel 3 NRW (Kap. 5.4)

Nr.	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Elektronische Produktinformation	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm	Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt	
1	Simon RWA Systeme GmbH	RWA DIN EN 12101- 2 (Materialfestlegungen und Prüfungen)	Aufkleber auf Verpackung mit Angabe Fa., Produkt, Maße Am Produkt selber ist nichts gekennzeichnet. Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, separat zum Planer oder Kunde	Produktinformationen auf Datenbank im Internet Datenblatt unter: http://www.simon-rwa.de/artikelkatalog/din_en_12101-2/SHEV_WALL_WIC_df	Konstruktion: - Auslösebedingungen - Ansprechzeit - Funktionssicherheit - Wirksame Öffnungsfläche - Funktionssicherheit - Schneelast-, Seitenwind- u. niedr. Temp. Klassifizierung - Windlast Klassifizierung - Standsicherheit unter Windlast - Beständigkeit gegen Windschwingungen - Feuerwiderstand - Brandverhalten	Glas: - Dichtungstyp - Verglasungstyp Antrieb: - Spannung - Stromstärke - max. Kraft - Hubgeschwindigkeit - Einschaltdauer - Schutzart - Temperaturstandsicherheit	Zertifikat bzw. Zulassung mit allen techn. Kennwerten wird erst auf Anforderung versendet.
2	Geze GmbH	RWA DIN EN 12101- 2 (Materialfestlegungen und Prüfungen)	Aufkleber auf Verpackung mit Angabe Fa., Produkt, Maße Am Produkt selber ist nichts gekennzeichnet. Produktdatenblatt nicht in der Lieferung, separat zum Planer oder Kunde.	Produktinformationen auf Datenbank im Internet Datenblatt unter: http://www.geze.de/tx_gezedownloads/112955-RWA-0506	Konstruktion: - Auslösebedingungen - Ansprechzeit - Funktionssicherheit - Wirksame Öffnungsfläche - Funktionssicherheit - Schneelast-, Seitenwind- u. niedr. Temp. Klassifizierung - Windlast Klassifizierung - Standsicherheit unter Windlast - Beständigkeit gegen Windschwingungen - Feuerwiderstand - Brandverhalten	Antrieb: - Spannung - Stromaufnahme - Hubkraft - Hubgeschwindigkeit - Einschaltdauer - Schutzart - Temperaturbereich - Laufzeit - Antriebshublänge	Zertifikat bzw. Zulassung mit allen techn. Kennwerten wird erst auf Anforderung versendet.

Nr..	Firma	Produkt	Kennzeichnung am Produkt	Elektronische Produktinformationen	Kennwerte vorgeschrieben nach Norm		Kennwerte angegeben vom Hersteller für das Produkt	
3	Window Master GmbH	RWA DIN EN 12101- 2 (Materialfestlegungen und Prüfungen)	Aufkleber auf Verpackung mit Angabe Fa., Produkt, Maße Am Produkt selber ist nichts gekennzeichnet. Produktdatenblatt nicht in der Lieferung., separat zum Planer oder Kunde	Produktdaten auf Datenbank im Internet Datenblatt Fenster-Antrieb unter: http://www.windowmaster.dk/products_wma_vpro-ducts/motors/wmu/W804/PS_WMX_804_0.pb.pdf	Konstruktion: - Auslösebedingungen - Ansprechzeit - Funktionssicherheit - Wirksame Öffnungsfläche - Funktionssicherheit - Schneelast- , Seitenwind- u. niedr. Temp. Klassifizierung - Windlast Klassifizierung	- Standsicherheit unter Windlast - Beständigkeit gegen Windschwingungen - Feuerwiderstand - Brandverhalten	Antrieb: - Spannung - Stromaufnahme - Zuglast - Drucklast - Leitungsquerschnitte - Fensterabmessungen - Brandversuch	Zertifikat bzw. Zulassung mit allen techn. Kennwerten wird erst auf Anforderung versendet.
4	Frank Burkhardt GmbH	RWA DIN EN 12101- 2 (Materialfestlegungen und Prüfungen)	Am Produkt selber ist nichts gekennzeichnet. Produktdatenblatt nicht in der Lieferung., separat zum Planer oder Kunde	Keine Daten hinterlegt	Konstruktion: - Auslösebedingungen - Ansprechzeit - Funktionssicherheit - Wirksame Öffnungsfläche - Funktionssicherheit - Schneelast- , Seitenwind- u. niedr. Temp. Klassifizierung	- Windlast Klassifizierung - Standsicherheit unter Windlast - Beständigkeit gegen Windschwingungen - Feuerwiderstand - Brandverhalten	Bsp. Spindelmotorantrieb: - Spannung, Strom - Schub- und Zugkraft - Hub bei Volllast - Leerlaufgeschwindigkeit - Umgebungstemperatur - Schutzart - Betriebsart - Standsicherheit	Produktdaten auf Anfrage. Beispiel Produktdatenblatt eines Spindelmotorantriebs im Anhang 5. Zertifikat bzw. Zulassung mit allen techn. Kennwerten wird erst auf Anforderung versendet.
5	Aumüller Aumatic GmbH (Ferralux)	RWA DIN EN 12101- 2 (Materialfestlegungen und Prüfungen), Zulassung im Einzelfall	Aufkleber mit allg. techn. Beschreibung (z.B. Fa., Produkt, Strom, Spannung) Am Produkt selber ist nichts gekennzeichnet. Produktdatenblatt + Bedien- u. Montageanleitung in der Lieferung enthalten	Keine Daten hinterlegt	Konstruktion: - Auslösebedingungen - Ansprechzeit - Funktionssicherheit - Wirksame Öffnungsfläche - Funktionssicherheit - Schneelast- , Seitenwind- u. niedr. Temp. Klassifizierung - Windlast Klassifizierung	- Standsicherheit unter Windlast - Beständigkeit gegen Windschwingungen - Feuerwiderstand - Brandverhalten	Bsp. Kettenantrieb: - Spannung, Strom - Schub- und Zugkraft - Hub und Geschwindigkeit - ED - Umgebungstemperatur	Produktdaten auf Anfrage. Beispiel Produktdatenblatt eines Kettenantriebs im Anhang 5. Zertifikat bzw. Zulassung mit allen techn. Kennwerten wird erst auf Anforderung versendet.

14.5 Anhang 5: Muster- LV und Muster- Abnahmeprotokoll für Fallbeispiel Flachdach

**Firmenname Hersteller
mit Adresse**

Firmenname Empfänger/ Kunde

Seite:
Kunden Nr.:
Bearbeiter: Name
Datum: 29.11.07

Abnahme- Protokoll

MUSTER

Eigentümergeinschaft: _____

Auftragnehmer: _____

Leistung: _____ Auftrag vom: _____

Tag der Abnahme: _____ Gewährleistung bis: _____

Anwesend: _____

- Es sind keine Mängel und keine offenen Leistungen vorhanden.
- Folgende Mängel wurden festgestellt:

Die Abnahme erfolgt nach den Vereinbarungen des o.g. Auftrags nach § 12 VOB/B.
Die übrigen Auftragsvereinbarungen werden hiermit ausdrücklich bestätigt.
Der Auftragnehmer verpflichtet sich hiermit, Mängel und offene Leistungen innerhalb von vier Wochen ab heute zu beseitigen bzw. fertig zu stellen.

- Die ausgeführte Leistung gilt ab heute als (teil)abgenommen.
- Die Abnahme wird wegen wesentlicher Mängel verweigert.
- Die Baustelle ist (nicht) aufgeräumt.

Für den Auftraggeber Für den Auftragnehmer Bauleitung

Datum: _____

Datum: 29.11.2007

unser Zeichen: nn

MUSTER

Leistungsverzeichnis Flachdach

Bauvorhaben: ABC

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir bedanken uns für Ihre Anfrage und übersenden unser Leistungsverzeichnis über die Ausführung der Arbeiten am oben genannten Bauvorhaben.

Grundlagen des Leistungsverzeichnisses sind:

- die Fachregeln des Deutschen Dachdeckerhandwerks,
- technische Regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen- und Bitumenbahnen,
- VOB, Teil B und C,
- Verlegerichtlinien der genannten Hersteller,
- die zum Zeitpunkt der Ausführung gültige Wärmeschutz- Energieeinsparverordnung,
- alle relevanten DIN- Normen und EN- Normen,
- DIN EN 12056, DIN 1986 Teil 100, DIN EN 752 (Dimensionierung).

Für die ausgeschriebenen Produkte sind, soweit im Text nicht explizit differenziert beschrieben, die Verarbeitungs- und Verlegevorschriften der Firma DEF GmbH zu beachten.

Für auszuführende Dacharbeiten und anstehende Wartungsarbeiten empfehlen wir ein Sicherheitskonzept entsprechend der Vorgaben der Unfallverhütungsvorschriften in Abstimmung zwischen Bauherren und Planer auszuarbeiten.

Entsprechend VOB, Teil A sind Alternativangebote zu dem vorliegenden Leistungsverzeichnis zugelassen, wenn das Hauptangebot vollständig ausgefüllt ist und die Gleichwertigkeit der alternativ angebotenen Materialien in allen Punkten nachgewiesen wird.

Über die Gleichwertigkeit entscheidet allein der Auftraggeber bzw. dessen rechtlicher Vertreter.

- 2 -

Alternativangebote sind getrennt auszufüllen und als solche zu kennzeichnen.

Insbesondere sind jedem Alternativangebot, je nach Vorgabe der Produkte aus dem Hauptangebot, die folgenden Nachweise und Prüfzeugnisse beizufügen:

- Prüfzeugnisse hinsichtlich Beständigkeit gegen Flugfeuer und strahlende Wärme,
- Nachweis über die Erteilung und Kopie einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung,
- Prüfzeugnisse und Nachweise über Art und Lagesicherung,
- Eine beim Zentralverband des deutschen Dachdeckerhandwerks e.V. Köln hinterlegte Garantieerklärung,
- Nachweis eines funktionsfähigen Qualitätsüberwachungssystems, gem. ISO 9001:2000,
- Werksprüfzeugnisse, die durch ein funktionsfähiges Qualitätsprüfungssystem, gem. ISO 9001:2000, verifiziert sind,
- Bei Abdichtungen, die eine Durchwurzelungsfestigkeit aufweisen müssen, ist der Nachweis gem. FLL - Verfahren beizulegen.

Soweit im Text oder in den Verlegerichtlinien nicht anders formuliert ist, sind Nähte und Stöße mindestens 8 cm breit vollflächig, bei Kunststoffbahnen 2 cm, thermisch zu verschweißen und anzudrücken.

Die Dichtigkeit ist durch die austretende Schweißraupe bzw. bei hochpolymeren Bahnen durch Nahtprüfung zu kontrollieren.

Bei beschieferten Bahnen ist es empfehlenswert die Bitumenschweißraupe abzustreuen.

Bei Steildachbahnen sind die vorgegebenen "offenen Liegezeiten" zu beachten.

Die Lieferung der ausgeschriebenen Materialien ist in den Angebotspreisen zu berücksichtigen.

Maßangaben sind unverbindlich und müssen vom Anbieter geprüft werden.

Für die Richtigkeit der Aussagen, sowie sonstiger z.B. bauphysikalischer Nachweise, wird nur eine Haftung übernommen, wenn ausschließlich Produkte der Fa. DEF GmbH eingesetzt werden und die jeweils gültige Verlegeanleitung eingehalten wird.

Für weitere Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

gez.

Firma

01.05) _____ m² Dampfsperre verschweißt _____

DEF Super AL- E

Spezial- Elastomerbitumen- Dampfsperrschweißbahn,
nach DIN EN 13 970, oberseitig talkumiert, mit hohem
Diffusionswiderstand, großer Durchtrittfestigkeit und Alkaliresistenz

- Dicke ca. 3,5 mm
- Trägereinlage: Glasvlies- Aluminium
- Maximale Zugkraft nach DIN 12311- 1:
l \geq 400 N/50 mm, q \geq 300 N/50 mm
- Dehnung nach DIN 12311- 1: l + q \geq 2 %
- Wasserdampfdurchlässigkeit nach
DIN EN 1931: \geq 1500 m
- Kaltbiegeverhalten nach DIN EN 1109: \leq - 25 °C
- Wärmestandfestigkeit nach DIN EN 1110: \geq +70 °C

liefern, gem. Herstellervorgaben auf den Untergrund fachgerecht verschweißen.
Längsnaht und Kopfstoßbereich, min. 8 cm fachgerecht verschweißen. Im Bereich
von An- und Abschlüssen sowie Dachdurchdringungen ist die Bahn luftdicht
anzuschließen. Stöße versetzt anordnen.

01.06) _____ m² Wärmedämmung _____

DEF PIR M PUK verklebt

Polyurethan- Hartschaumplatten, nach DIN EN 13165,
mit der allgemein bauaufsichtlichen Zulassung Nr.:
Z- 23.15- 1432, PIR- stabilisiert,

- Anwendungskurzzeichen
nach DIN V 4108: DAA dh 120 kPa
- Deckschichten: Mineralvlies
- Wärmeleitfähigkeit nach
DIN EN 13165: WLS 028/WLS 030
Dicke < 80 mm - 0,030 W/(m K)
Dicke \geq 80 mm - 0,028 W/(m K)
- Baustoffklasse: B 2,
- Gepr. nach Index > 250
(extrem hohe Dimensionsstabilität)

liefern und auf den Untergrund mit DEF- Industriedachkleber, Verbrauch i. M. bis zu
einer Gebäudehöhe von 20 m, ca. 200 g/m², kleben.

Platten versetzt anordnen und dicht stoßen.

- Plattengröße: 1200 x 600 mm
- Plattendicke: ... mm

14.6 Anhang 6: Übersicht zu bisherigen, konventionellen Kommunikationswegen bei Bauprozessen

Nr.	Prozesse	Personen	Tätigkeiten
1	Angebotsstadium	Auftraggeber	Anforderungsprofil schriftlich an die Planungsfirma
		Auftragnehmer (Hersteller, Händler, Baufirma)	Angebotserstellung schriftlich an die Planungsfirma
		Planungsfirma	Aufstellung Ausschreibung, Prüfung Angebote
2	Auftragserteilung	Auftraggeber	Auftragsvergabe und Auftragserteilung schriftlich
		Auftragnehmer (Hersteller, Händler, Baufirma)	Prüfung Auftragsbestätigung vom AG
		Planungsfirma	Prüfung der Auftragsunterlagen
3	Ausführungsplanung	Auftraggeber	Kontrolle der Ausführungsplanung mit allen Plänen
		Auftragnehmer (Hersteller, Händler, Baufirma)	Ausführungsplanung per CAD- Pläne als schriftliche Dokumente (Statik, Pläne)
			Spezifikation in das Materialwirtschaftssystem
			Kommissionierung mit Materiallisten aus dem MWS
		Planungsfirma	Prüfung und Koordination der Ausführungsplanungen
4	Materialkontrolle Baustelle	Auftraggeber	Oberbauleitung / Bauherrenaufgabe
		Auftragnehmer (Hersteller, Händler, Baufirma)	Bauleitung, Materialkontrolle durch Lieferscheine
			Materialänderungen telefonisch an das Büro, dann geänderte Materialliste
		Planungsfirma	Bauleitung, Materialkontrolle durch genehmigte Pläne
5	Montage	Auftraggeber	Oberbauleitung / Bauherrenaufgabe
		Auftragnehmer (Hersteller, Händler, Baufirma)	laufende opt. Qualitätskontrolle des Materialzustandes
			Materialänderungen telefonisch an das Büro, dann geänderte Materialliste
		Planungsfirma	Bauleitung, Materialkontrolle durch genehmigte Pläne
6	Abnahme	Auftraggeber	Sichtkontrollen, Testlauf der Anlage, Ist- Soll- Vergleich mit LV + Plan und Abnahmeprotokoll
		Auftragnehmer (Hersteller, Händler, Baufirma)	Sichtkontrollen, Testlauf der Anlage, Ist- Soll- Vergleich mit LV + Plan
		Planungsfirma	Sichtkontrollen, Testlauf der Anlage, Ist- Soll- Vergleich mit LV + Plan
7	Inbetriebnahme	Auftraggeber	Verteilung Revisionsunterlagen an die versch. Abteilungen (Benutzer, Planungsabteilung, Sicherheitsabteilung)
			Revisionsunterlagen als Ausdruck an den AG (Material- und Ersatzteillisten, Pläne, Benutzungs- und Wartungsanleitung)
		Auftragnehmer (Hersteller, Händler, Baufirma)	Revisionsunterlagen als Ausdruck an den AG (Material- und Ersatzteillisten, Pläne, Benutzungs- und Wartungsanleitung)
		Planungsfirma	Revisionsunterlagen als Ausdruck vom AN zur Archivierung
8	Gebäudebetrieb	Nutzer, Hausmeister / Facility Manager,	Unterhalt, Wartung und Überwachung des Gebäudes
9	Sanierung, Umbau	Wie bei Nr. 1 bis 7	Wie bei Nr. 1 bis 7
10	Abriss, Rückbau,	Dto.	Dto.