

## Stroh-Cert

Zertifizierung, Logistik und Qualitäts-  
management für den Strohballenbau

R. Wimmer, H. Hohensinner, S. Eikemeier

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**36/2011**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Stroh-Cert

Zertifizierung, Logistik und Qualitätsmanagement für den Strohballenbau

Dr. Robert Wimmer  
DI Hannes Hohensinner  
DI Sören Eikemeier

GrAT – Gruppe Angepasste Technologie

Wien, August 2010

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Kofinanziers  
**Land Oberösterreich, Land Niederösterreich**



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## Kurzfassung

Strohballen sind Bausteine nachhaltiger Architektur. Österreich hat sich in Europa durch zahlreiche erfolgreich durchgeführte Projekte, unter anderem aus der Programmlinie „Haus der Zukunft“, die Themenführerschaft im Bereich Strohbau erarbeitet. Bisherige Forschungsergebnisse haben das Potenzial von Stroh als Bau- und Dämmstoff bereits gezeigt. Nicht nur in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Einsparungen und andere ökologische Aspekte, sondern auch bauphysikalisch vorbildhafte Gebäude können mit diesem regionalen nachwachsenden Rohstoff errichtet werden. Das zentrale Ziel des Projekts Stroh-Cert war daher, die Verbreitung des Strohbaus zu fördern und derzeitige Hürden auf dem Weg zur Markteinführung abzubauen. Dieses Ziel wurde erreicht, indem die Zertifizierung von technisch einwandfreien und standardisierten Ballen als Dämmstoff durchgeführt wurde, ein Logistikkonzept entwickelt und das Qualitätsmanagement definiert wurde. Begleitend wurden die Ergebnisse auf Messen und Konferenzen sowie auf der Internetplattform [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com) verbreitet; Pilotprojekte zur Demonstration strohballenedämmter Gebäude wurden begonnen bzw. angebahnt.

### ***Zertifizierung von Strohballen als Dämmstoff:***

Um Strohballen als behördlich anerkannten Dämmstoff zu etablieren, wurde das Zulassungsverfahren für eine Österreichische Technische Zulassung (ÖTZ) durchgeführt. Mit der Zulassung werden Benachteiligungen in baubehördlichen und förderrechtlichen Angelegenheiten deutlich reduziert. Auch weiterführende Maßnahmen wie z. B. die Aufnahme als förderbarer Dämmstoff in der Wohnbauförderung und der Eintrag in Kalkulationsprogramme für planende und ausführende Unternehmen werden durch die Zertifizierung ermöglicht.

### ***Entwicklung eines durchgängigen Logistikkonzepts für Dämmstrohballe:***

Als saisonales landwirtschaftliches Produkt kann Stroh, wie andere nachwachsende Rohstoffe, nur innerhalb einer kurzen Zeitspanne (Ende Juni bis Ende August) erzeugt werden. Dämmstoffe werden aber das ganze Jahr über benötigt. Dafür ist ein Logistikmodell erforderlich, das alle Produktions- und Vertriebschritte umfasst und lückenlos aufeinander abstimmt. In Kooperation mit Wirtschaftspartnern aus der Strohverwertung, dem Bauwesen und der Logistikbranche wurde ein Logistikkonzept entwickelt, das auf der regionalen Strohverfügbarkeit und den vorhandenen Kapazitäten für Transport, Lagerung und Verarbeitung aufbaut.

### ***Entwicklung eines Qualitätsmanagementsystems für Dämmstrohballe:***

Die Qualitätssicherung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen ist aufgrund der natürlichen Variabilität eine große Herausforderung. Für den gesamten Produktionsprozess wurde daher ein Qualitätsmanagementsystem erarbeitet. Da es sich bei Stroh um einen für die Bauindustrie neuen Dämmstoff handelt, mussten auch die Messverfahren und -geräte auf ihre Tauglichkeit hin geprüft bzw. weiterentwickelt werden. In einem Qualitätshandbuch wurden sämtliche Prüf- und Verfahrensanweisungen detailliert aufbereitet, damit während des gesamten Produktionsprozesses ein einheitliches Qualitätsmanagement durchgeführt werden kann. Durchgängige Dokumentation und Rückverfolgbarkeit der Qualitätssicherung sind dabei wesentliche Bestandteile.

## Summary

Straw bales are the bricks sustainable architecture is made of. Austria has gained leadership in Europe as far as straw bale building is concerned, not least because of many successful projects of “Building of Tomorrow”. Research has already shown the high potential of straw as a building and insulating material. Exemplary buildings can be erected using this regionally available renewable resource, not only in terms of CO<sub>2</sub> savings and other ecological aspects, but also technically. Thus, the central goal of the project Stroh-Cert was to further the dissemination of straw bale building and to overcome obstacles towards market introduction. This goal was reached by certifying technically sound and standardized straw bales, by developing a concept for logistics, and by defining quality management. Accompanying dissemination measures were undertaken on conferences, trade fairs, and on the platform [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com). Pilot projects for the demonstration of straw bale insulated buildings are underway.

### ***Certification of straw bales as an insulating material:***

Official acknowledgement of straw as an insulating material requires its approval via a certification process. In this project, the Austrian Technical Certification (ÖTZ) for straw bales was processed. With the certificate, disadvantages of straw bales regarding building authority issues will be remarkably reduced. Through the certification straw will also qualify as building product to be considered in material catalogues for planners and national funding schemes.

### ***Development of an efficient logistic concept for straw bales:***

Straw, like other seasonal agricultural products, can be produced only within a relatively short period of time (June to August). Building materials, however, are needed all year long. Appropriate logistics coordinating production and delivery is therefore an essential requirement. A logistics concept was developed in close cooperation with commercial partners from straw and building industry and logistics. In developing this concept, existing availability of straw and capacities for transport, storage and production were considered.

### ***Development of a quality management system for straw bales:***

Quality management of products based on renewable materials is a challenging task in general due to the natural variability of these materials. Thus, a quality management system for the whole production and delivery process was developed. Furthermore straw is a totally new material to the building industry as well. As a consequence, methods and tools for quality control were checked for their suitability and developed further. All procedural instructions were compiled in detail in a quality handbook so that quality assurance can be guaranteed throughout the whole production and delivery process. Continuous documentation and traceability are as well important aspects of the quality management system.



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	5
Summary .....	6
1 Einleitung.....	1
1.1 Ziele, Methoden und Ergebnisse .....	2
1.2 Innovationsgehalt des Projekts.....	4
2 Zertifizierung von Strohballen als Dämmstoff.....	5
2.1 Grundlagen.....	5
2.1.1 Zertifizierung von Bauprodukten.....	5
2.1.2 Zertifizierung von NAWARO-Dämmstoffen .....	6
2.1.3 Aktuelle europäische Zulassungen von Baustrohballen .....	8
2.2 Strohballen als Dämmstoff .....	12
2.2.1 Materialeigenschaften.....	13
2.2.2 Anforderungen je nach Konstruktionsweise .....	17
2.2.3 Definition des Dämmstrohhallens für die Zertifizierung .....	19
2.3 Zulassungsverfahren .....	20
2.3.1 Auswahl des geeigneten Zulassungsverfahrens .....	20
2.3.2 Ablauf der Österreichischen Technischen Zulassung .....	20
2.3.3 Prüfungen im Rahmen der Erstprüfung .....	22
2.4 Prüfergebnisse und Prüfbericht .....	33
2.4.1 Beständigkeit gegen Schimmelpilze .....	35
2.4.2 Brandverhalten .....	36
2.4.3 Bestimmung der Länge und Breite .....	36
2.4.4 Bestimmung der Dicke.....	36
2.4.5 Bestimmung der Rohdichte .....	37
2.4.6 Dimensionsstabilität.....	37
2.4.7 Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen.....	37
2.4.8 Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes.....	38
2.4.9 Hygroskopische Sorptionseigenschaften.....	39
2.4.10 Bestimmung des Strömungswiderstandes .....	40
2.4.11 Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit.....	40
2.5 Österreichische Technische Zulassung (ÖTZ) für Dämmstrohhallen.....	41
3 Logistik .....	42
3.1 Potenzial der Strohverwertung .....	42
3.1.1 Anbaugelände und Rohstoffverfügbarkeit .....	42
3.1.2 Dämmstoffmarkt .....	45
3.1.3 Lagerungs- und Transportkapazitäten .....	45
3.1.4 Beispiele strohverwertender Unternehmen .....	49
3.1.5 Bewertung des Strohpotenzials .....	51
3.2 Gründung „Team Strohlogistik“ .....	52
3.3 Entwicklung von Logistikszenerarien .....	53

3.3.1	Produktionsprozess .....	53
3.3.2	Dezentrale Produktion .....	56
3.3.3	Zentrale Produktion .....	57
3.3.4	Dezentrale Produktion mit Zwischenlagerung .....	59
3.3.5	Schlussfolgerung Logistiksznarien .....	60
3.4	Testläufe .....	61
3.4.1	Aufsammeln der Ballen.....	61
3.4.2	Lagerung.....	62
3.4.3	Transport .....	62
3.4.4	Kunde .....	64
3.5	Logistikkonzept.....	66
3.5.1	Anforderungen an das Logistikkonzept .....	66
3.5.2	Logistikkonzept für Strohbällen.....	68
4	Qualitätsmanagement .....	72
4.1	Einfluss der Prozessschritte auf die Qualität .....	73
4.2	Definition der Qualitätskriterien und Messparameter.....	78
4.3	Messgeräte – Prototypen-Teststand .....	80
4.3.1	Feuchtemessverfahren .....	80
4.3.2	Bestimmung der Masse .....	86
4.3.3	Bestimmung der Abmessungen.....	87
4.3.4	Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit .....	90
4.3.5	Bewertung des Prototypen-Teststands.....	92
4.4	Qualitätshandbuch.....	92
4.4.1	Werkseigene Produktionskontrolle .....	93
4.4.2	Verfahrensanweisungen für Lagerung, Transport und Einbau .....	94
4.4.3	Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit .....	95
5	Dissemination .....	98
5.1.1	Informationsplattform und Informationsmaterial .....	98
5.1.2	Veranstaltungen.....	100
5.1.3	Messen und Konferenzen.....	100
5.1.4	Anbahnung von Pilotprojekten.....	102
5.1.5	Preise und Nominierungen .....	103
6	Zusammenfassung, Ausblick und Empfehlungen .....	104
7	Literatur, Richtlinien und Normen .....	108
7.1	Abbildungsverzeichnis.....	111
7.2	Tabellenverzeichnis.....	113
Anhang	.....	114

# 1 Einleitung

Die Nutzung von Strohballen als Bau- und Dämmstoff hat eine lange Tradition. Nachdem Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen durch das Aufkommen der modernen Industriebaustoffe im 20. Jahrhundert fast vollständig verdrängt wurden, gibt es nun wieder ein steigendes Interesse an solchen ökologisch und baubiologisch hochwertigen Baustoffen.

Umfangreiche Tests und Entwicklungsarbeiten im Strohbau wurden bereits durchgeführt, die erfolgreich dessen hohe Funktionalität nachgewiesen haben, unter anderem innerhalb der Initiative „nachhaltig wirtschaften“. (z. B. Adensam et al., 2005; Wimmer et al., 2001, 2006)

Die hohe Dämmwirkung wurde ebenso bereits nachgewiesen wie die geringe Brennbarkeit (Brennbarkeitsklasse E). Die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Strohballen ist naturgemäß ebenfalls äußerst positiv – statt bei der Gewinnung und Verwertung Kohlendioxid freizusetzen, wird dieses vom pflanzlichen Rohstoff gespeichert. Mit einem strohballengedämmten Haus lassen sich so rund 20 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen.

Das Strohbau-Demonstrationsgebäude S-HOUSE, das u. a. mit dem „Österreichischen Staatspreis für Architektur und Nachhaltigkeit 2006“ ausgezeichnet wurde, zeigt auch das hohe Interesse und die Anerkennung der Fachwelt für diese Bauweise.

Der Strohbau hat eine kleine Nische in der Baubranche besetzt. Er hat aber das Potenzial, einen Marktanteil, der weit über den üblichen Nischenmärkten liegt, zu erreichen. Dem stehen jedoch in vielen Bereichen noch Hemmnisse im Wege. Es gibt Defizite bei der Verfügbarkeit von Strohballen in Dämmstoffqualität. Die Beschaffung der Dämmstrohballe ist mit einem Zusatzaufwand für Bauträger und ausführenden Betrieb verbunden, und bei Behörden, die für Einreichungen und Baubewilligungsverfahren zuständig sind, gilt Stroh noch immer als „exotisches“ Material. Der Einreicher muss daher oft neben dem Nachweis der technischen Funktionalität auch noch viel Energie und Zeit in Informations- und Bewusstseinsarbeit gegenüber den Behörden investieren. Dieser Umstand erschwert die Arbeit für ArchitektInnen, PlanerInnen und Bauträger unnötig.

Der Schritt der Zertifizierung von Strohballen ist daher unumgänglich, wenn die weitere Verbreitung dieses ökologisch wertvollen Dämmstoffs ins Auge gefasst werden soll, besonders in Hinblick auf das stark steigende Segment der industriellen Serienfertigung (Fertigteilhäuser, Fertigteilkonstruktionen)<sup>1</sup>. Da dieser Bereich der Baubranche ausschließlich mit standardisierten, zertifizierten und qualitätsgesicherten Produkten arbeitet, stellen Zertifizierung, Qualitätsmanagement und Logistik eine notwendige Grundvoraussetzung dar. Dass Strohaufertigteilkonstruktionen grundsätzlich eine Alternative zu konventionellen Fertigteilen sein können, haben verschiedene Vorstudien und bereits realisierte Projekte technisch gezeigt (Wimmer et al., 2001, 2006; Adensam et al., 2005).

Ein Teilerfolg auf dem Weg zur Zertifizierung wurde in Deutschland mit der bauaufsichtlichen Zulassung von Strohballen bereits erreicht, teilweise unter Verwendung der Österreichischen Forschungsergebnisse. Im Projekt Stroh-Cert wurde das Verfahren zur Erlangung der Öster-

---

<sup>1</sup> Österreich hat derzeit mit rund 33 % nach Skandinavien den europaweit höchsten Marktanteil an Fertighäusern. (Steinkellner, 2010)

reichische Technische Zulassung (ÖTZ) durchgeführt. Die Schritte, die dazu gesetzt wurden, sind in Kapitel 2 dargestellt.

Eine weitere Herausforderung in der Nutzung von Strohballen ist die Logistik – der Rohstoff Stroh ist zwar in Österreich in großen Mengen verfügbar, fällt aber nur im begrenzten Zeitraum der Getreideernte an. Dementsprechend sind logistische Lösungen für die ganzjährige Lagerung, für den Transport und die Verarbeitung (vom Pressen bis zum Einbau) zu finden, die in den regional bestehenden Strukturen umgesetzt werden können. Diese Entwicklungen und Ergebnisse finden sich in Kapitel 3.

Im Zusammenhang mit zertifizierten Produkten stellt sich immer auch die Frage der Qualitätssicherung, um zu gewährleisten, dass die hergestellten Produkte auch tatsächlich gleichbleibend die geforderten Eigenschaften aufweisen. Derzeit stellen Gewährleistungs- und Haftungsfragen und lange Gewährleistungsfristen bei nicht standardisierten Produkten noch ein großes Hindernis für die Verbreitung des Strohbaus dar. Im Rahmen der ÖTZ wird daher auch ein Konzept für das Qualitätsmanagement verlangt, das in Form eines Qualitätshandbuchs Kriterien und Maßnahmen für die Rohstoff- und Produktkontrolle definiert und Verfahrensanweisungen für den Produktionsprozess gibt (z. B. in Bezug auf Dokumentation, Kennzeichnung und Überwachung). Die Ergebnisse dieses Qualitätsmanagement-Konzepts werden in Kapitel 4 dargestellt.

Die Vorteile, die sich mit zertifizierten, qualitätsgeprüften Dämmstrohbällen ergeben, müssen aber auch öffentlich bekannt werden, um den Markt für Stroh als Dämmstoff zu vergrößern und diese ökologische Bauweise zu verbreiten. Daher wurden diverse Disseminationsmaßnahmen durchgeführt – von Informationen auf der Online-Plattform [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com) über Beratertätigkeiten bis hin zur Präsentation der Projektergebnisse auf Fachmessen und in Vorträgen. Die durchgeführten Disseminationsmaßnahmen sind in Kapitel 5 dargestellt.

## **1.1 Ziele, Methoden und Ergebnisse**

Die internationale Themenführerschaft Österreichs im Bereich des Strohbaus zu stärken und weiter auszubauen, den immer noch großen Mehraufwand für PlanerInnen und Bauträger zu reduzieren und die weitgehend ungelösten Fragen der Logistik und Qualitätssicherung zu beantworten, sind die wesentlichsten Ziele des Projekts, die dazu beitragen sollen, dass die derzeit vorhandene Dynamik verstärkt wird und der Strohbau in weiterer Folge einen relevanten Beitrag zu nachhaltigem Bauen leisten kann. Bessere Bedingungen für eine stabilere Versorgungslage zu ermöglichen, ist von entscheidender Bedeutung für die weitere Entwicklung der erfolgversprechenden Technologie des Strohbaus. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Projektziele, die eingesetzten Methoden und die erzielten Ergebnisse.

Ziele	Methoden	Ergebnisse	Kapitel
<b>Zertifizierung</b> von Strohballen als Dämmstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recherche der derzeitigen baubehördlichen Situation national und international (Experteninterviews, Literaturrecherche)</li> <li>- Vergleich verschiedener Zulassungsverfahren; Auswahl eines Verfahrens</li> <li>- Durchführung des ÖTZ-Zulassungsverfahrens (Abstimmung mit Behörden, Vortests, Definition der Anforderungen an das Produkt, Beauftragung Prüflabor)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produktdefinition für Dämmstrohballe („S-HOUSE Ballen“)</li> <li>- Bescheid der Österreichischen Technischen Zulassung (ÖTZ) für „S-HOUSE Ballen“ (Ende September 2010)</li> </ul>	2
<b>Logistik</b> konzept für Produktion und Vertrieb von Strohballen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Workshops mit Experten aus Strohverwertung, Bauwesen und Logistikbranche</li> <li>- Darstellung von Logistikscenarien in System-Maps</li> <li>- Testläufe</li> <li>- Entwicklung eines Logistikkonzepts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gründung „Team Strohlogistik“</li> <li>- drei Logistikscenarien (zentral, dezentral, dezentral mit Zwischenlager)</li> <li>- praxisgeprüftes Logistikkonzept</li> </ul>	3
<b>Qualitätsmanagement</b> -System für Dämmstrohballe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expertentreffen und Informationsveranstaltungen</li> <li>- Definition von Qualitätskriterien und -parametern</li> <li>- Praxistests mit verschiedenen Messgeräten</li> <li>- Auswahl geeigneter Messverfahren und -geräte</li> <li>- Messung und Berechnung von Materialkennwerten (z. B. Feuchte, Wärmeleitfähigkeit, Abmessungen)</li> <li>- Erstellen eines Qualitätshandbuchs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definierte Qualitätskriterien und -parameter</li> <li>- Prototyp-Teststand für Messungen</li> <li>- Qualitätshandbuch</li> </ul>	4
<b>Dissemination</b> der Projektergebnisse	<p>Aufbereitung und Verbreitung der Inhalte durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poster</li> <li>- Infofolder</li> <li>- Präsentationen</li> <li>- Online-Beiträge auf <a href="http://www.nawaro.com">www.nawaro.com</a></li> <li>- Beratungstätigkeiten</li> <li>- Wettbewerbseinreichungen</li> <li>- S-HOUSE-Führungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informationsmaterial</li> <li>- Vorträge und Informationsstände auf Fachmessen und Konferenzen (national und international)</li> <li>- Beratung und Information auf diversen Veranstaltungen</li> <li>- Beiträge auf <a href="http://www.nawaro.com">www.nawaro.com</a></li> <li>- Anbahnung und Beginn von Pilotprojekten</li> <li>- Auszeichnungen (Energy Globe Award Vienna 2009, Nominierung Meilenstein 2010)</li> </ul>	5

## 1.2 Innovationsgehalt des Projekts

Die Ergebnisse des Projekts bringen den Strohballen ein großes Stück vorwärts, indem Strohballen als qualitativ und ökologisch hochwertiger Dämmstoff auch behördlich anerkannt und Maßnahmen zur stärkeren Verbreitung getroffen werden.

Die Erlangung der Österreichischen Technischen Zulassung bedeutet, dass Strohballen in Österreich als zertifizierter Dämmstoff behandelt werden können. Durch das entwickelte Logistikkonzept auf der Grundlage der bestehenden regionalen Strukturen ist eine stabile ganzjährige Versorgung mit Stroh(ballen) möglich. Dabei werden sämtliche Prozessschritte und Akteure von der Ernte bis zum Einbau auf der Baustelle berücksichtigt und miteinander verbunden. Mit der Zulassung verbunden sind auch einheitliche Vorgaben für das Qualitätsmanagement in einem Qualitätshandbuch. Dieses sorgt für verlässliche Bedingungen, unter denen Strohballen als Dämmstoff verwendet werden können. Bisher waren Gewährleistungs- und Haftungsfragen schwieriger zu klären, da das Produkt nicht standardisiert war und Vorgaben für Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit fehlten. Die Auswahl geeigneter Prüfverfahren und Messgeräte für die Eigen- und Fremdüberwachung, wie sie im Projekt getroffen wurde, ist ebenfalls eine notwendige Voraussetzung für eine problemlose Qualitätsüberprüfung.

Mit der Einhaltung von Qualitätsstandards und durch eine saisonunabhängige Logistik können Strohballenproduzenten eine höhere Wertschöpfung erzielen. Derzeit wird aufgrund fehlender Anreize, Strohballen zu produzieren, das meiste Stroh nach der Getreideernte am Feld belassen. Die unbefriedigende Situation, dass Strohballen von Bauträger oder Architekten mit hohem Mehraufwand bei einem Landwirt organisiert werden müssen und auch die Qualitätsüberprüfung vom Käufer selbst durchzuführen ist, wird durch die Projektergebnisse aufgehoben. Abnehmer (z. B. Architekten, Bauträger, Zimmereien) können standardisierte, qualitätsgesicherte Ballen entsprechend dem Baufortschritt des Bauvorhabens über das ganze Jahr hinweg erwerben. Ausführende Betriebe können mit der gleichbleibenden Ballenqualität besser und zeitsparender arbeiten, auch die Verwendung im Fertigteilhausbau ist durch die Standardisierung möglich. Vom Endkunden selbst („Häusbauer“, Wohnbaugenossenschaften,...) werden zertifizierte und qualitätsgeprüfte Strohballen als standardisiertes Bauprodukt und nicht mehr als landwirtschaftliches Nebenprodukt wahrgenommen. Eine entsprechende Dissemination der Projektergebnisse auf Messen, Veranstaltungen und im Internet hat zur Verstärkung dieser Akzeptanz ebenfalls beigetragen.

## 2 Zertifizierung von Strohballen als Dämmstoff

### 2.1 Grundlagen

Als Zertifizierung wird ein Verfahren mit festgelegten Anforderungen bezeichnet, bei dem die Einhaltung bestimmter Standards für einen Prozess, ein Produkt oder eine Dienstleistung durch einen unabhängigen Dritten bestätigt wird. Durch diesen Vorgang erhält der Hersteller oder das Unternehmen die Genehmigung, das entsprechende Produkt oder die entsprechende Dienstleistung mit einem Zeichen zu deklarieren, welches die Konformität bestätigt.

Im Gegensatz zur Akkreditierung besteht die Zertifizierung im Allgemeinen in der Ausstellung eines Zeugnisses bzw. Zertifikats. Diese Zertifikate werden in der Regel zeitlich befristet vergeben und hinsichtlich der Standards unabhängig oder proprietär kontrolliert.

Es gibt unterschiedliche Zertifizierungssysteme, von denen jedes auf seinen bestimmten Bereich spezialisiert ist. Für Strohballen als Dämmstoff sind Zertifizierungssysteme für Bauprodukte relevant.

#### 2.1.1 Zertifizierung von Bauprodukten

Die Zertifizierung von Bauprodukten orientiert sich an der Bauproduktrichtlinie, deren wesentliche Ziele es sind, die Rechts- und Verwaltungsvorschriften zu vereinheitlichen, um einen freien Warenverkehr für sämtliche Bauprodukte in der Europäischen Union zu gewährleisten. Die Bauproduktrichtlinie gibt allerdings nur den Rahmen mit den wesentlichen Anforderungen in den Bereichen Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz für die Harmonisierung des Binnenmarktes an. (*Umweltbundesamt, 2007*)

Die Ausarbeitung und Erfüllung von produktspezifischen Anforderungen erfolgt über die EOTA (EOTA = European Organisation for Technical Approvals) oder über das Europäische Komitee für Normung (CEN = European Committee for Standardization). Die EOTA ist genauso wie das CEN, welches für harmonisierte europäische Normen (hEN) zuständig ist, eine auf Basis der Bauproduktrichtlinie (89/106/EWG) eingerichtete Organisation, ihr Zuständigkeitsbereich hingegen ist die Entscheidung und Vergabe von Zertifizierungen bei Bauprodukten auf der europäischen Ebene. (*ofi, o. J.*)

Die Erteilung einer Europäischen Technischen Zulassung (ETZ) erfolgt auf Basis von bestehenden Leitlinien (ETAG = European Technical Approval Guidelines). Werden die Vorschriften einer ETAG, zu den Untersuchungen, Prüfungen und Bewertungsverfahren gehören, erfüllt, führt dies zu einer ETZ und damit auch zu der Annahme der Brauchbarkeit für ein bestimmtes Produkt. Sollte eine solche Leitlinie für ein bestimmtes Produkt nicht vorhanden sein, kann eine Zulassung durch eine einvernehmliche Stellungnahme (CUAP) der Zulassungsstelle erteilt werden.

Der Antrag auf Erteilung einer Europäischen Technischen Zulassung kann z. B. beim Österreichischen Institut für Bautechnik (OIB), beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) oder bei einer anderen beliebigen Zulassungsstelle in Europa gestellt werden. Die Erteilung einer

ETZ kann für ein und dasselbe Produkt innerhalb der Mitgliedstaaten nur einmal erfolgen und wird in der Amtssprache des betreffenden Mitgliedstaates veröffentlicht. Mit einem entsprechenden Konformitätsnachweis kann das Produkt dann mit dem CE-Kennzeichen versehen werden.



Abbildung 1: CE-Kennzeichnung (Bayerisches Staatsministerium, 2005, Richtlinie über Bauprodukte)

Eine technische Zulassung für Bauprodukte muss jedoch nicht immer gleich auf einer internationalen bzw. europäischen Ebene stattfinden, sondern kann auch auf nationaler Ebene erfolgen. Denn sofern für ein Bauprodukt, das wesentliche Anforderungen zu erfüllen hat, keine europäischen technischen Spezifikationen vorliegen, kann auch eine Österreichische Technische Zulassung (ÖTZ) beantragt werden. Als Grundlage für eine ÖTZ dient die von den österreichischen Bundesländern am 8.10.1992 abgeschlossene „Vereinbarung gemäß Artikel 15a B-VG über die Zusammenarbeit im Bauwesen und deren Umsetzung in den jeweiligen Landesgesetzen“. Zulassungsstellen im Rahmen ihres Wirkungsbereiches sind die Ämter der Landesregierungen. ÖTZ werden nach Maßgabe der landesgesetzlichen Regelungen von den Bundesländern Salzburg und Steiermark erteilt, wobei in der Regel eine Koordination der einzelnen Bundesländer durch das OIB erfolgt.

Die ÖTZ unterteilt sich in zwei Abschnitte: Der erste Abschnitt stellt den Brauchbarkeitsnachweis dar und enthält die technische Produktbeschreibung, die Leistungsmerkmale und die Prüfbestimmungen. Im zweiten Abschnitt werden die Verwendungsbestimmungen für jenes Bundesland festgelegt, in dem die Zulassung beantragt wurde.

### **2.1.2 Zertifizierung von NAWARO-Dämmstoffen**

Während die handelsüblichen Dämmstoffe wie Mineralwolle, extrudiertes Polystyrol (XPS) oder expandiertes Polystyrol (EPS) in der Regel alle genormte Dämmstoffe sind und nach den Vorschriften einer ETAG zertifiziert werden, trifft dies im Allgemeinen auf die meisten Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) nicht zu.

Die Erteilung einer ETZ wie auch einer ÖTZ für Dämmstoffe aus pflanzlichen oder tierischen Fasern wie z. B. Hanf, Flachs oder Schafwolle erfolgt auf Basis der CUAP „Factory-made thermal insulation material and/or acoustic insulation material made of vegetable or animal fibres“ vom Juni 2005.

Wärmedämmstoffe, die gemäß der Europäischen Technischen Zulassung bzw. der Österreichischen Technischen Zulassung nach den Anforderungen dieser CUAP hergestellt und überprüft wurden, sind berechtigt, mit dem CE-Zeichen auf ihrer Verpackung und auf den beigefügten handelsüblichen Unterlagen versehen zu werden und, falls zutreffend, auch mit weiteren folgenden Informationen:



<b>Produkt- informationen</b>	<b>Zusätzliche Angaben</b>	<b>Für die Schallschutz- dämmung</b>	<b>Für Matten, Platten und Filze, die einer Drucklast ausgesetzt sind</b>
Nummer der techni- schen Zulassung	Nennabmessungen für die Länge, die Breite und die Lieferdicke	Wert für den Strö- mungswiderstand	Kriechverhalten
Handelsname des Produktes	Abweichungen der Di- cke	dynamische Steifig- keit	Verhalten unter Punktbelastung
Name oder Identifizie- rungskennzeichen des Herstellers (z. B. Werks- oder Produkti- onscode)	Maßabweichung der Rechtwinkligkeit (nur für Platten)	Trittschallminderung	Dimensionsstabilität
Kennziffern des Jah- res, in dem die Kenn- zeichnung angebracht wurde	Maßabweichung der Ebenheit (nur für Plat- ten)	Dicke unter Zusammendrückung	Druckbelastung
Identifizierungsnum- mer der Zertifizie- rungsstelle	Dimensionsstabilität	Schallabsorptions- grad	Zugfestigkeit normal zur Plattenebene
Konformitätsnummer der Zertifizierung	Bereich für die zuläs- sigen Rohdichten	Verhalten unter Punktlast	
Erwähnung der pflanz- lichen bzw. tierischen Fasern sowie des verwendeten Binde- mittels	Wert für die Wärme- leitfähigkeit bei einer Temperatur von 23 °C und einer relativen Luftfeuchte von 50 %	Dimensionsstabilität	
	Umrechnungsfaktor für den maximalen Feuchtegehalt		
	Einteilung in die Brennbarkeitsklasse		
	Korrosionsbeständig- keit/Beständigkeit ge- gen Schimmelpilze		
	Wasserdampf- Diffusionswiderstand		
	Wasseraufnahme		
	Zugfestigkeit parallel zur Oberfläche		

Tabelle 1: Produktangaben für zertifizierte Wärmedämmstoffe aus pflanzlichen oder tierischen Fasern  
(CUAP, 2005)

Die durchzuführenden Eigenschaftsprüfungen und damit auch die Informationen, mit denen das Produkt deklariert werden muss, können natürlich je nach Dämmstoff variieren, abhängig von Material, Form und Verwendungszweck. Unterscheidet man die am meisten verwendeten Dämmstoffe aus pflanzlichen oder tierischen Fasern nach diesen Kriterien, so lassen sie sich in die in folgender Tabelle dargestellten vier Kategorien einteilen:

<b>Dämmstoff</b>	Kokosfasern, Flachs, Hanfwolle (maßhaltige Dämmstoffe)	Schafwolle, Baumwolle	Zellulose	Holzwolle, Hanfwolle (lose Hanfdämmwolle), Hanfschäben
<b>Form</b>	Filze, Matten, Platten	Schafwolle: Filze, Matten, Platten; Baumwolle: Matten, Platten bzw. eingeblasen oder eingesprüht	Platten bzw. eingeblasen oder eingesprüht	lose

Tabelle 2: Dämmstofftypen aus nachwachsenden Rohstoffen (OIB, 2000)

### 2.1.3 Aktuelle europäische Zulassungen von Baustrohballen

Derzeit kann im europäischen Raum zwischen zwei Vorgehensweisen zur Genehmigung von Strohballen als Baustoff unterschieden werden:

1. Fallweise Genehmigung im Baubewilligungsverfahren
2. Bauaufsichtliche Zulassung für nicht normierte Baustoffe und Bauweisen

In der folgenden Grafik ist dargestellt, in welchen europäischen Ländern welche Vorgehensweise angewandt wird.

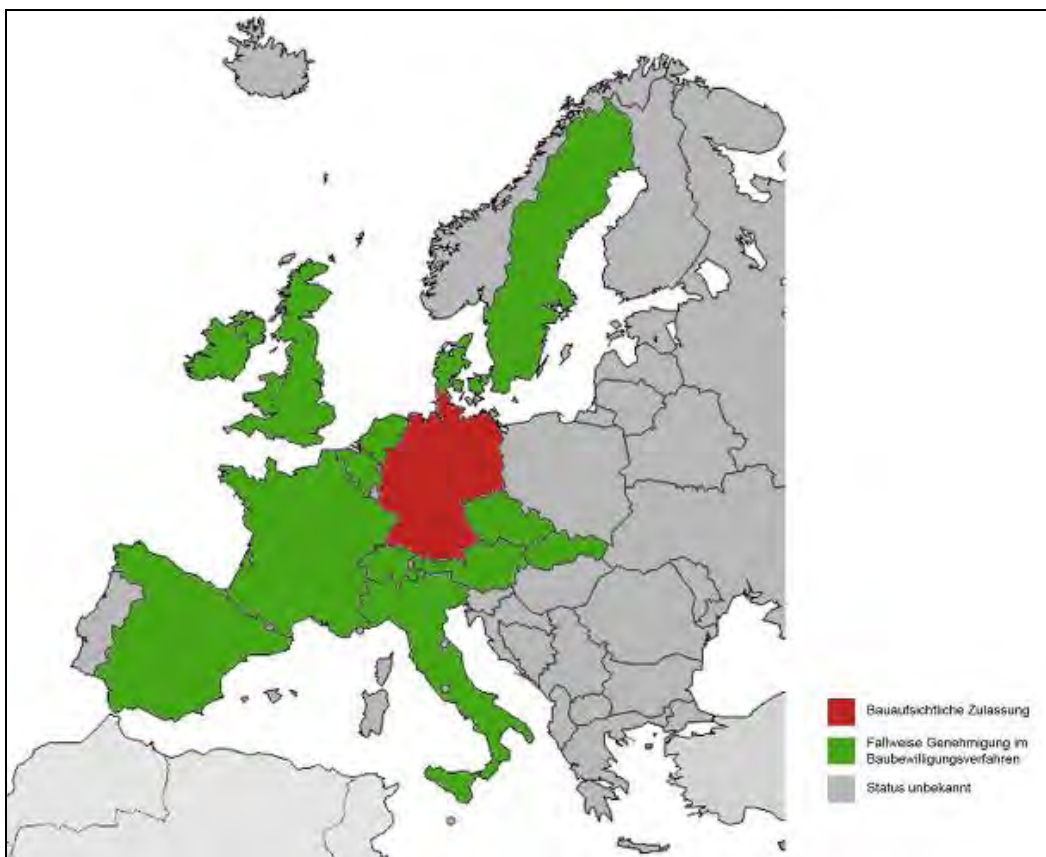


Abbildung 2: Aktuelle Zulassungspraktiken von Strohballen als Dämmstoff im europäischen Raum

## **Fallweise Genehmigung im Baubewilligungsverfahren**

### Beschreibung:

Ungeregelte Baustoffe und Bauarten dürfen im Einzelfall nur mit Zustimmung durch die oberste Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Landes verwendet werden. Bei bisher nicht verwendeten Baustoffen muss daher die Tauglichkeit mittels entsprechender Prüfzertifikate (Brennbarkeit, Wärmeleitfähigkeit, Schallschutz etc.) nachgewiesen werden. Die Anforderungen seitens der Bauaufsichtsbehörde können durch das zuständige Bauamt noch zusätzlich erweitert werden.

### In Anwendung seit:

ca. 1995 (erstes Strohballengebäude in Österreich)

### Wird in folgenden Ländern angewendet:

Belgien, Dänemark, (teilweise) Deutschland, Frankreich, Holland, Italien, Österreich, Schweiz, Schweden, Slowakei, Spanien, Tschechien

### Fazit:

Die Anforderungen durch die jeweiligen nationalen Baubehörden sind europaweit sehr unterschiedlich. Daher kann für dieses Verfahren keine einheitliche Vorgehensweise vorgeschlagen werden. Große Unberechenbarkeit ergibt sich durch das Fehlen einer Qualitätssicherung während der gesamten Produktionsprozesse. Weiterhin könnten nur durch ein tragfähiges Logistikkonzept Unklarheiten für Bezug des Dämmstoffs gelöst werden. Vor allem jedoch sind die oft sehr inhomogenen Produkt- und Materialeigenschaften ein Hemmnis, das ein erweitertes Nachweisverfahren im Einzelfall notwendig macht. Der gesamte Prozess kann daher sehr komplex, langwierig und kostenintensiv sein.

## **Bauaufsichtliche Zulassung für nicht normierte Baustoffe und Bauweisen**

### Beschreibung:

In Deutschland wurde der nächste Schritt zu einer vollständigen Zertifizierung des Dämmstrohballens getätigt, indem eine sogenannte „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ)“ für Strohballen als Dämmstoff in Kraft getreten ist.

„Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden für Bauprodukte und Bauarten im Anwendungsbereich der Landesbauordnungen erteilt, für die es allgemein anerkannte Regeln der Technik, insbesondere DIN-Normen, nicht gibt oder die von diesen wesentlich abweichen“ ([http://www.dibt.de/de/zulassungen\\_abz.html](http://www.dibt.de/de/zulassungen_abz.html); abgerufen 04.05.2010; 16.23). Sie sind zuverlässige Verwendbarkeitsnachweise von Bauprodukten bzw. Anwendbarkeitsnachweise von Bauarten.

### In Anwendung seit:

Februar 2006.

### Wird in folgenden Ländern angewendet:

Deutschland.

Im Folgenden wird die AbZ mit der Nr. Z-23.11-1595, die in Deutschland seit 2006 die Zulassung von Strohballen als Dämmstoff regelt und vom Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V. (FASBA) durchgeführt wurde, einer genaueren Betrachtung unterzogen.

Vor allem die vom Zulassungsinhaber erstmalig festgelegten Produktdefinitionen sowie die praktische Anwendung der Zulassung stellen wesentliche Schritte für die Markttauglichkeit des Dämmstoffs Stroh dar.

#### Wichtige Kernpunkte der AbZ für Strohballen als Dämmstoff:

- Vereinfachung der Verwendbarkeit durch vorgegebene Qualitätskriterien und Produkteigenschaften
- Strohballen sind kein normiertes Produkt, da es unterschiedliche „Hersteller“ gibt
- Qualitätskontrolle daher mittels „Übereinstimmungszertifikat“ des Herstellers (Landwirt) und/oder eines unabhängigen Kontrollorgans (Zertifizierungsstelle)

#### Festgelegte Produktdefinitionen und Prüfungen für Strohdämmballen:

Die festgelegten Kriterien wurden bewusst mit gewissen Bandbreiten für Dimension, Dichte und Wärmeleitwert angegeben, um die Verwendbarkeit des nicht normierten Baustoffs nicht unnötig einzuschränken.

Folgende Produktdefinitionen wurden in der Zulassung erfasst und müssen anhand der angegebenen Normen überprüft und nachgewiesen werden.

- *Maße:*
  - *Lieferdicke* (Lieferhöhe) der Strohballen in Anlehnung an DIN EN 823 (Deutsche Fassung 1994)
  - *Lieferbreite* der Strohballen in Anlehnung an DIN EN 822 (Deutsche Fassung 1994)
  - *Länge* der Strohballen in Anlehnung an DIN EN 822 (Deutsche Fassung 1994). Abweichung der Nennlänge  $\pm 50$  mm. Die Last für die Bestimmung der Maße muss 1.000 Pa betragen.
- *Dimensionsstabilität* der Strohballen in Anlehnung an DIN EN 1604 (Deutsche Fassung 1996). Die Änderungen dürfen 3 % nicht überschreiten.
- *Rohdichte* der Strohballen in Anlehnung an DIN EN 1602 (Deutsche Fassung 1996)
- *Feuchteaufnahme* der Strohballen nach DIN EN ISO 12571 (Deutsche Fassung 2000). Es dürfen nicht mehr als 15 Ma% Feuchte aufgenommen werden.
- *Wärmeleitfähigkeit* der Strohballen nach DIN EN 12667 (Deutsche Fassung 2001)
  - $\lambda_{10, \text{tr}}$  (Breitenrichtung) = 0,067 W/(m\*K);  $\lambda = 0,080$  W/(m\*K)
  - $\lambda_{10, \text{tr}}$  (Dickenrichtung) = 0,044 W/(m\*K);  $\lambda = 0,052$  W/(m\*K)
- *Zugfestigkeit der Schnürung* in Anlehnung an DIN EN 1608 (Deutsche Fassung 1996). Das 10-Fache der Gewichtskraft der Strohballen muss erreicht werden.
- *Brandverhalten* der Strohballen nach DIN 4102-1. Anforderungen an B2 müssen erfüllt werden.
- *Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl* der Strohballen nach DIN 4108-3

(AbZ Nr. Z-23.11-1595, 2006)

Die Überprüfung dieser Eigenschaften wird entweder direkt vom Hersteller oder von einer autorisierten Zertifizierungsstelle durchgeführt. Die notwendigen Prüfeinrichtungen müssen hierbei die entsprechenden Normvorgaben erfüllen, außerdem gibt es regelmäßige Überprüfungen von unabhängigen externen Kontrollorganen.

Ergebnis dieser Überprüfungen ist die sogenannte „Übereinstimmungserklärung“, welche die Übereinstimmung der Eigenschaften des in der Zulassung definierten mit denen des neu produzierten Strohballens bestätigt.

#### Vorgaben zur Übereinstimmungserklärung:

- „Der Hersteller darf eine Übereinstimmungserklärung nur abgeben, wenn er durch werkseigene Produktionskontrolle sichergestellt hat, dass das von ihm hergestellte Bauprodukt den maßgebenden technischen Regeln, der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder der Zustimmung im Einzelfall entspricht.“
- Es „kann eine Prüfung der Bauprodukte durch eine Prüfstelle vor Abgabe der Übereinstimmungserklärung vorgeschrieben werden, wenn dies zur Sicherung einer ordnungsgemäßen Herstellung erforderlich ist.“
- In diesen Fällen hat die Prüfstelle das Bauprodukt daraufhin zu überprüfen, ob es den maßgebenden technischen Regeln, der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder der Zustimmung im Einzelfall entspricht.“

*(Musterbauordnung Deutschland, § 23)*

Sollte der Erzeuger selbst keine Überprüfung durchführen können oder dürfen, so wird eine unabhängige Zertifizierungsstelle beauftragt. Zertifizierungsstellen müssen von der obersten Bauaufsichtsbehörde ernannt werden und können Personen, Stellen oder Überwachungsgemeinschaften sein.

In diesem Fall wird nach positiver Überprüfung ein „Übereinstimmungszertifikat“ ausgestellt, das die aus der AbZ geforderten Eigenschaften des überprüften Strohballens bestätigt.

#### Vorgaben zum Übereinstimmungszertifikat:

- „Ein Übereinstimmungszertifikat ist von einer Zertifizierungsstelle zu erteilen, wenn das Bauprodukt
  - den maßgebenden technischen Regeln, der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder der Zustimmung im Einzelfall entspricht und
  - einer werkseigenen Produktionskontrolle sowie einer Fremdüberwachung nach Maßgabe des Absatzes 2 unterliegt.
- Die Fremdüberwachung ist von autorisierten Überwachungsstellen durchzuführen und hat regelmäßig zu überprüfen, ob das Bauprodukt den maßgebenden technischen Regeln, der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, dem allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnis oder der Zustimmung im Einzelfall entspricht.“

*(Musterbauordnung Deutschland, § 24)*

### Fazit:

Die gesamte Abwicklung bei der Verwendung von Strohballen als Dämmstoff wird durch die Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wesentlich erleichtert. Außerdem werden logistische Hürden beim Bezug des Baustoffs durch das angewendete Übereinstimmungserklärungsverfahren verringert.

Da es sich bei diesem Zulassungsverfahren jedoch noch immer um einen nicht normierten Baustoff handelt, können bei der allgemeinen Verfügbarkeit Planungsunsicherheiten auftreten. Da wie auch bei der fallweisen Genehmigung keine Lösungen für Logistik und Qualitätsmanagement in der Zulassung erfasst wurden, steht zu erwarten, dass speziell in diesen Bereichen Probleme entstehen, welche Endkunden wie Fachplaner abschrecken können und zumindest für das Segment der Fertighausindustrie den Baustoff Stroh ungeeignet erscheinen lassen.

Aus diesen Gründen wurden im vorliegenden Projekt nicht nur die erforderlichen Eigenschaften von Dämmstrohbällen definiert (Kap. 2.1.3) und eine Zertifizierung dieser definierten Strohballen durchgeführt (Kap. 2.4), sondern es wurden auch entsprechende Konzepte für Logistik und Qualitätsmanagement entwickelt (Kap. 0 und 4), um die Beschaffung und Nutzung zu vereinfachen und eine gleichbleibende Qualität der zertifizierten Strohballen zu gewährleisten.

## 2.2 Strohballen als Dämmstoff

Die Zertifizierung eines Bau- oder Dämmstoffs erfordert zunächst eine Definition des Produkts und seiner Eigenschaften. Die Materialeigenschaften ergeben sich aus den Anforderungen der Praxis und müssen auch während der Nutzung des zertifizierten Produkts regelmäßig kontrolliert werden.

Der Dämmstrohballen ist ein quaderförmiger, mechanisch gebundener Dämmstoff aus Getreidestroh. Die Herstellung erfolgt mit einer geeigneten Presse durch ein Verdichten (Pressen) in Längsrichtung und wird bei Erreichen der gewünschten Länge mit dem Bindemittel (mindestens zwei Garne, Schnüre oder Bänder) abgebunden.

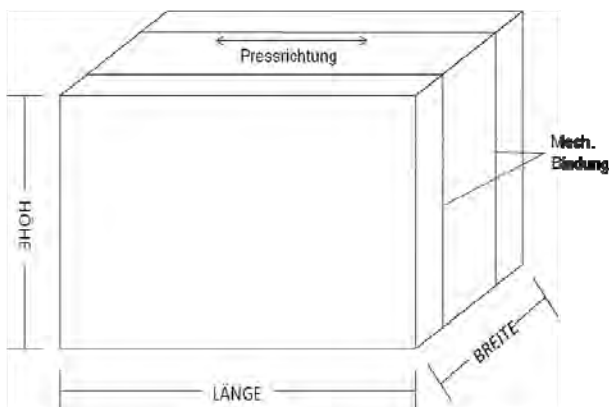


Abbildung 3: Dämmstrohbällen

## 2.2.1 Materialeigenschaften

Als wichtigste Eigenschaften eines Dämmstoffs aus nachwachsenden Rohstoffen gelten Wärmeleitfähigkeit, Schimmelbeständigkeit und Brandverhalten. Diese werden durch mehrere Kriterien beeinflusst bzw. indiziert: einerseits durch die Art und Qualität des verwendeten Rohstoffs (Strohart, Farbe, Feuchte, grünes Beikraut, Restkornanteil), andererseits durch die Eigenschaften des produzierten Strohballens (Farbe, Feuchte, Rohdichte, Masse, Abmessungen, mechanische Bindung). In den folgenden Abbildungen ist dargestellt, welche dieser Kriterien Einfluss auf Wärmeleitfähigkeit, Schimmelbeständigkeit und Brandverhalten haben bzw. Rückschlüsse auf diese Eigenschaften zulassen und daher während der Produktion laufend kontrolliert werden müssen. Modifikationen durch die Pressung der Strohballen, durch Lagerung und Transport sind dabei zu berücksichtigen (vgl. auch Kap. 4 zu Qualitätsmanagement).

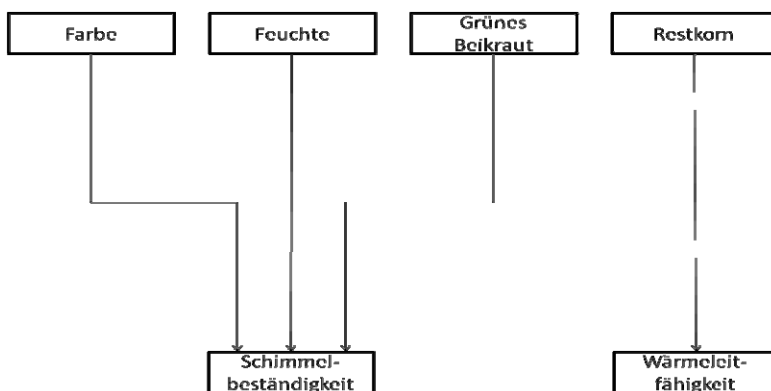


Abbildung 4: Qualitätsfaktoren für den Rohstoff Stroh

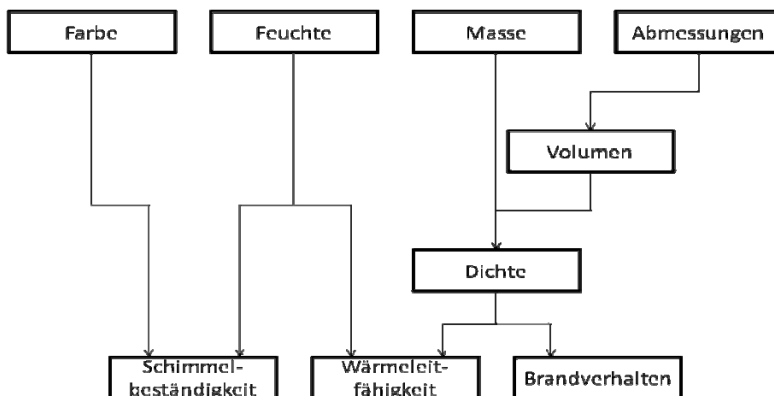


Abbildung 5: Qualitätsfaktoren für Dämmstrohballen

Darüber hinaus werden durch die genannten Kriterien auch Nutzungseigenschaften wie Stabilität, Einbaueignung oder Haltbarkeit, aber auch die Akzeptanz des Produkts beeinflusst. Da Feuchte und Dichte diejenigen Kriterien sind, die den größten Einfluss auf die Eigenschaften von Dämmstrohballen (vor allem auf die Wärmeleitfähigkeit) ausüben, sollen sie im Folgenden näher dargestellt werden.

## Feuchte

Im Bauwesen wird die sogenannte „Baustofffeuchte“ durch den massebezogenen Feuchtegehalt  $u$  (Quotient der Masse des verdampfbaren Wassers und der Masse des trockenen Baustoffes als Absolutwert) nach nationalen Normen (DIN, ÖNORM) spezifiziert und somit vergleichbar gemacht. Auf dem trockenen Feld produzierte Strohballen weisen direkt nach der Pressung durchschnittlich einen Feuchtegehalt zwischen 6 und 10 % auf, maximale Feuchtwerte bei ungünstigen Witterungsverhältnissen während der Ernte betragen 16 bis 18 %.

Entscheidend für die Bewertung des massebezogenen Feuchtegehalts eines Baustoffs und damit für die bauphysikalische Unbedenklichkeit ist das hygroskopische Verhalten im eingebauten Zustand, welches die Wasseraufnahme und -abgabefähigkeit eines Materials beschreibt.

### Feuchte und Schimmelbeständigkeit

Versuche mit Stroh zeigten, dass selbst bei ständigen Maximalwerten der umgebenden relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 90 % lediglich eine Gleichgewichtsfeuchte von ca. 22 % erreicht wird. Somit besteht keine Gefahr der Schimmelbildung, da sowohl Sporenauskeimung als auch Myzelwachstum erst bei einer relativen Luftfeuchte von 75 % innerhalb des Baustoffs beginnt. (Krick, 2008, S. 27, 33f.)

Das nachfolgende Diagramm zeigt das hygroskopische Verhalten unterschiedlicher Strohsorten anhand der Sorptionsisothermen bei 23 °C Umgebungstemperatur und ansteigender Feuchtigkeit der umgebenden Luft.

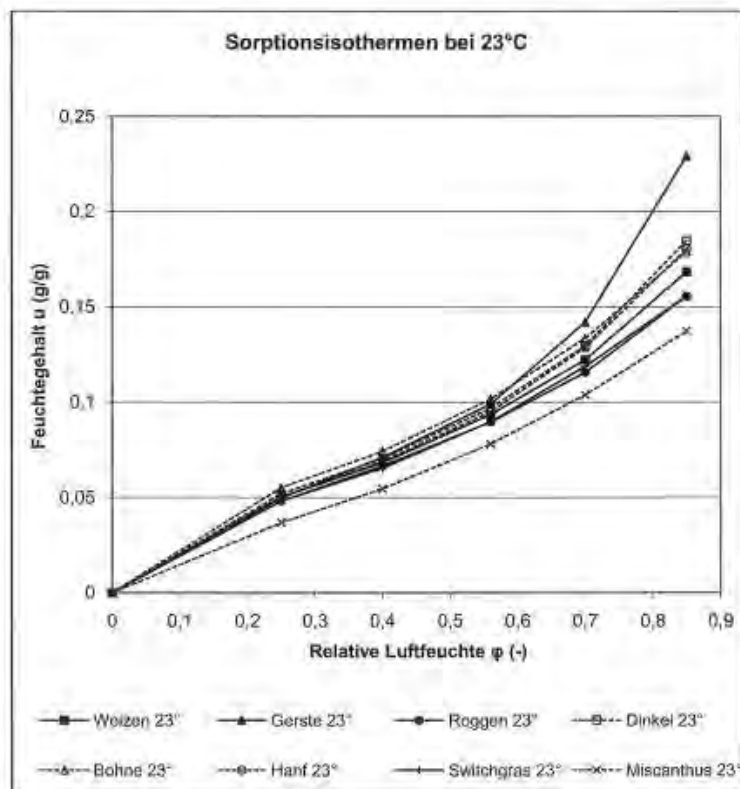


Abbildung 6: Sorptionsisothermen verschiedener Strohvarianten (Krick, 2008, S. 31)



### Feuchte und Wärmeleitfähigkeit

Wärmeleitfähigkeitsmessungen an trockenen und feuchten Strohballen sowie an losem Stroh zeigen eine messbare Verschlechterung des Dämmwerts mit zunehmendem Feuchtegrad (Zunahme der Wärmeleitfähigkeit um 1 bis maximal 7 %). Bei einer durchschnittlichen Baustofffeuchte im Strohballen von ca. 8 % bis maximal 14 % wurden bislang die besten Ergebnisse erzielt. (*Wimmer et al., 2001, S. 21*)

### **Dichte**

Das Verhältnis von Masse zu Volumen (Dichte) ist bei Strohballen für mehrere Eigenschaften verantwortlich, die bei der Verwendung als Dämmstoff beachtet werden müssen.

### Dichte und Brandverhalten

Versuchsreihen in Österreich und Deutschland zeigten auf, dass mit steigender Dichte die Entflammbarkeit der Testkörper abnimmt, da die Anzahl der Hohlräume und damit der Luft einschlüsse im Strohballen reduziert wird.

Im Brandschutz gelten verschiedene Klassen, in welche die Baustoffe eingeteilt werden. Die für die Einsatztauglichkeit erforderliche Klasse E wurde von Baustrohballen ab einer Dichte von  $100 \text{ kg/m}^3$  bei der Prüfung durch eine akkreditierte Prüfanstalt erreicht. (*Prüfzertifikat MA-39 – VFA 2000-0644.01-.02, 2000*)

### Dichte und Wärmeleitfähigkeit

Studien der vergangenen Jahre zeigen, dass mit einer Erhöhung der in der landwirtschaftlichen Produktion gängigen Dichte der Strohballen von ca.  $90 \text{ kg/m}^3$  eine Verringerung der Wärmeleitfähigkeit einhergeht und somit die Dämmwirkung verbessert werden kann. (*Krick, 2008, S. 51f.*)

Eine Abnahme der Dämmwirkung ist erst wieder in Bereichen von über  $200 \text{ kg/m}^3$  zu erwarten. Beispielhaft zeigt das nachfolgende Diagramm bei Strohballen aus Weizenstroh mit unterschiedlicher Dichte die Auswirkung auf die Wärmeleitfähigkeit bei unterschiedlichen Temperaturen. (*Ashour, 2003, S. 235*)

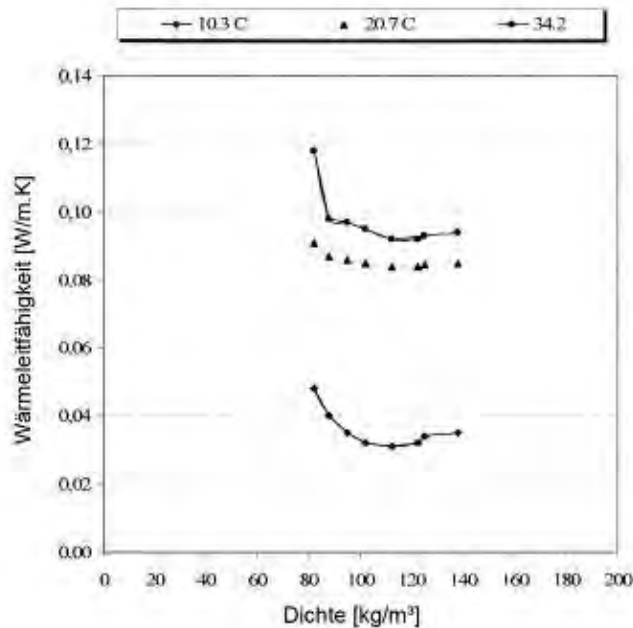


Abbildung 7: Wärmeleitfähigkeit von Weizenstroh in Abhängigkeit von Dichte und Temperatur (Ashour, 2003, S. 235)

#### Dichte und Standfestigkeit bei lasttragendem Strohballenbau

Soll der Strohballen neben der dämmenden auch eine statische Funktion übernehmen, darf der Ballen ein nur minimales Setzungsverhalten aufweisen. Dichten über 150 kg/m<sup>3</sup> dienen außerdem der Standfestigkeit auch während der Errichtungsphase, da bei der Strohwand durch das höhere Eigengewicht eine verbesserte Stabilität erzielt wird.

#### Dichte und Resistenz gegen Schädlingsbefall (Nager)

Da Strohballen mit hoher Dichte geringere Luft einschlüsse aufweisen, ist auch die Gefahr von Schädlingsbefall reduziert. Sowohl die kompakte Oberfläche als auch die erhöhte Festigkeit des Ballens erschweren den Zugang für Nagetiere in erheblichem Maße. So sind beispielsweise leichtere Dämmstoffe (wie EPS oder Steinwolle) grundsätzlich eher gefährdet als Strohballen mit einer Dichte von mehr als 100 kg/m<sup>3</sup>.

#### Dichte und Wärmespeicherfähigkeit

Gerade bei Niedrigenergie- sowie Passivhausbauweise muss auf die im Gebäude vorgesehene Speichermasse zur thermischen Regulierung über Nacht sowie zum Schutz vor Überhitzung geachtet werden. Standardlösungen sind zumeist massive Lösungen wie Stahlbetonkerne oder Ziegelmauern. Die hohe Dichte der Strohballendämmung hingegen bietet vor allem auch in den Bereichen der Dachdämmung sowie der Dämmung der obersten Geschosdecke eine gute technische Alternative. Die Wärmespeicherfähigkeit einer Strohballendämmung beträgt in etwa das 1,5-Fache des entsprechenden Wertes für Mineralwollendämmplatten und bezogen auf Polystyrolschaum sogar das 3,5-Fache. Die Lage der Dämmschicht (außerhalb der statischen Konstruktion) ist hierbei bedeutsam, da im Vergleich zu einer innenliegenden tragenden Wandscheibe eine bessere thermische Entkopplung zum Innenraumklima erreicht wird. Die nachfolgende Tabelle zeigt die aus Rohdichte  $\rho$

und spezifischer Wärmekapazität  $c$  errechnete Wärmespeicherfähigkeit  $C$  verschiedener Baustoffe.

Baustoff	Spez. Wärmekapazität $c$ (J/(kgK)) <sup>1</sup>	Rohdichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	Wärmespeicherfähigkeit $C$ (kJ/K) eines m <sup>3</sup>
Stahl	450	7500	3375
Glas	750	2500	1875
Beton	1000	2000	2000
Kalksandstein	1000	2000	2000
Vollziegel	1000	1800	1800
Mineralwolleplatten	1030	149	153
Polystyrolschaum (XPS)	1450	45	65
Zellulosefasern	1900	55	105
Strohballen	2000 <sup>3</sup>	115	230
Holzfaserdämmplatten	2100 <sup>3</sup>	170	357
Wasser	4182 <sup>2</sup>	1000	4182

<sup>1</sup> Willems/Schild/Dinter (2006) <sup>2</sup> Kuchling (2001) <sup>3</sup> Waltjen et al. (1999) <sup>4</sup> Murphy et al. (1999)

Tabelle 3: Wärmeleitfähigkeit von Weizenstroh in Abhängigkeit von Dichte und Temperatur (Krick, 2008, S.53)

### 2.2.2 Anforderungen je nach Konstruktionsweise

Da der zertifizierte Ballen möglichst viel gestalterische Freiheit erlauben soll, sind die Anforderungen aus unterschiedlichen Konstruktionsweisen (bzgl. Dichte, Abmessungen etc.) zu berücksichtigen. Die gebräuchlichsten Anwendungsfälle, in denen Strohdämmung eingesetzt werden kann, und die korrelierenden Qualitätsparameter, die dafür jeweils zu erzielen sind, sind nachfolgend dargestellt. (vgl. auch Wimmer et al., 2001)

Konstruktionsweise	Dichte (in kg/m <sup>3</sup> )	Abmessungen	Schalldämmwert (in dB; nach ÖNORM B 8115)	Andere Anforderungen
<b>Lasttragender Strohballenbau</b>	130–170	große Ballen vorteilhaft (monolithischer Schichtaufbau)	Außenwände: < 55 (teilweise < 65)	Reißfestigkeit der Schnürung, UV-Beständigkeit
<b>Holzständerbau mit Strohdämmung</b>	100–120	mehrere Formate – abhängig von der Konstruktion	Außenwände: < 55 (teilweise < 65)	
<b>Fertigteilhaus mit Strohdämmung</b>	100–120	ideal 62,5 cm Breite (Einpassung zwischen Holzstehern)	Außenwände: < 55 (teilweise < 65)	genaue Abmessungen, möglichst präzise Kantenausbildung
<b>Dämmung der obersten Geschoßdecke</b>	100–120	Sonderformate werden benötigt (Stückelung, saubere Kantenabschlüsse, Anlieferung)	Innen-Trenndecken: < 35–55	
<b>Dachdämmung</b>	100–120	Zwischensparrendämmung: mehrere Formate – abhängig von der Konstruktion. Aufsparrendämmung: max. Höhe ca. 45 cm – ab-	Dächer: < 55	

		hängig von der Dachneigung		
--	--	----------------------------	--	--

Tabelle 4: Anforderungen an Strohballen je nach Konstruktionsweise

### **Lasttragender Strohballenbau**

Bei dieser Konstruktionsweise tragen die Strohballen die vertikalen Lasten (Dachlasten), die Strohwand hat daher statische und dämmende Funktion zugleich. Zur Erreichung der notwendigen Stabilität werden die Wände durch im Fundament verankerte Stangen (Holz, Bambus, Stahl etc.) versteift. Die Stangen können an den Außen- und Innenseiten der Strohwand oder in deren Mitte positioniert sein, was zur höchstmöglichen Stabilität führen würde, da die Ballen dadurch aufgespießt werden. Nach Erreichen der gewünschten Höhe wird die Wand durch einen Ringanker (massive Holzkonstruktion, welche die gesamte Strohwand auf der Oberseite abdeckt und die gegen das Fundament verspannt wird) abgeschlossen. Dies führt zu einer zusätzlichen Erhöhung der Stabilität und verhindert nachträgliches Setzen. Ungefähr vier bis acht Wochen nach Errichtung ist die Setzung weitgehend abgeschlossen. Für diesen besonders anspruchsvollen Anwendungsfall eignen sich vor allem großformatige Ballen mit möglichst hoher und homogener Dichte, da das Setzungsverhalten im Verbund dann entsprechend gleichmäßig und gering ausfällt.

Eine Zertifizierung von Strohballen für die lasttragende Bauweise würde zusätzlich zu den Überprüfungen der Eigenschaften als Dämmstoff auch den Nachweis erfordern, dass die statischen Anforderungen erfüllt werden.

### **Holzständerbau mit Strohdämmung**

Die Strohballen erfüllen hier keine tragende Funktion, sondern dienen nur der Wärmedämmung. Das Holzständergerüst ist für die statische Lastabtragung allein zuständig. Es können zusätzlich aber auch Komponenten aus der lasttragenden Konstruktionsweise übernommen werden, wie z. B. ein Ringanker oder eine Versteifung durch Stangen.

Vorteile gegenüber dem lasttragenden Strohballenbau sind unter anderem der mögliche Einbau von großen Fenstern, die Konstruktion von mehrgeschoßigen Bauwerken, einfachere statische Berechnungen sowie die Möglichkeit zur Entwicklung von Fertigteilkomponenten. Anforderungen an den Strohballen sind bei dieser Bauweise möglichst exakte und regelmäßige Abmessungen der Ballen, da Ständerweiten beachtet werden müssen und das Ausstopfen von Lücken in der Dämmschicht erheblichen Mehraufwand bedeutet.

### **Fertigteilhaus mit Strohdämmung**

Dieser Konstruktionstypus orientiert sich am einfachen Holzständerbau, wird aber noch verfeinert durch die Anwendung der modularen Bauweise sowie einen möglichst hohen Vorfertigungsgrad. Anforderungen an den Dämmstoff sind noch präzisere Abmessungen als beim konventionellen Holzständerbau, außerdem müssen zusätzliche logistische Fragestellungen beantwortet werden (Just-in-time-Anlieferung möglich, kurzfristig große Mengen lieferbar, Qualitätsmanagement etc.)

### **Dämmung der obersten Geschoßdecke**

Im Bereich der Altbausanierung wird die Dämmung der obersten Geschoßdecke oft der vollständigen Dachdämmung vorgezogen, da die zu dämmende Fläche kleiner und das Einbringen des Dämmstoffs in der Regel wesentlich unkomplizierter ist.

Neben der Verwendung von ganzen Strohballen werden auch Schüttungen aus verschiedenen Fasern und Schäben (Hanf, Flachs) mit losem Stroh vermengt. Diese Variante erleichtert nochmals den Einbau erheblich, führt aber zur Notwendigkeit zusätzlicher Brandschutzmaßnahmen (Verwendung brandhemmender Zusätze). Grundsätzlich sind die Anforderungen dieser Anwendungsvariante an den Dämmstoff aber eher gering, da je nach Nutzung des Dachraums eine akkurate Maßgenauigkeit nicht unbedingt notwendig ist.

### Dachdämmung

Durch die hohe Dichte und das nur geringe Setzungsverhalten von Strohballen eignen sich diese nicht nur für Unter- und Zwischensparrendämmung, sondern können vor allem auch bei nachträglicher thermischer Sanierung eines Altbaus als Aufsparrendämmung montiert werden. Bei Flachdächern ist hier die vertikale Lastabtragung problemlos lösbar, bei Sattel- und Pultdächern müssen hingegen geeignete Verankerungslösungen Anwendung finden. Es sollten deshalb nach Möglichkeit nur Strohballen aus dem oberen Dichtebereich verwendet werden, um konstruktive Schäden an der Dachhaut infolge der nachträglichen Setzung der Strohballen zu vermeiden.

#### 2.2.3 Definition des Dämmstrohballeus für die Zertifizierung

Anhand der beschriebenen Qualitätskriterien und Anforderungen aus der jeweiligen Konstruktionsweise wurde nun für das Zulassungsverfahren definiert, welche Materialkennwerte und Eigenschaften die hergestellten Dämmstrohballe aufweisen sollen (siehe Tabelle 5). Als Bezeichnung für Strohballen dieser Art wurde der Name „S-HOUSE Ballen“ gewählt (basierend auf dem Strohballen-Gebäude S-HOUSE, vgl. *Wimmer et al. 2006*).

Qualitätskriterium	Definition für die Zertifizierung
<b>Strohart</b>	Getreidestroh (z. B. Weizen, Gerste, Roggen, Dinkel, Triticale)
<b>Grünes Beikraut</b>	keines
<b>Restkornanteil</b>	< 0,5 Gew.-%
<b>Farbe</b>	goldgelb
<b>Feuchte</b>	< 14 %
<b>Dichte</b>	110 kg/m <sup>3</sup> (Toleranzbereich 100–120 kg/m <sup>3</sup> )
<b>Abmessungen</b>	Länge: 30–80 cm Breite: 30–130 cm Höhe: 35–120 cm
<b>Mechanische Bindung</b>	mit mindestens zwei Garnen, Schnüren oder Bändern

Tabelle 5: Definition des S-HOUSE Ballens für die Zertifizierung

## 2.3 Zulassungsverfahren

### 2.3.1 Auswahl des geeigneten Zulassungsverfahrens

Grundsätzlich kamen für die Zertifizierung von Strohballen als Dämmstoff die Verfahren der ETZ oder die der ÖTZ in Frage (siehe auch Kapitel 2.1.1). Um die Auswahl des am besten geeigneten Verfahrens unter Beachtung aller relevanten Gesichtspunkte treffen zu können, wurden mehrere Gespräche mit den zuständigen Zulassungsstellen geführt, Recherchen zu bestehenden Zertifizierungen vollzogen sowie Angebote von akkreditierten Prüfanstalten zur Durchführung der notwendigen Prüfungen eingeholt. Für die Entscheidung waren letztlich folgende Aspekte ausschlaggebend:

- Zielmarkt:  
Die ETZ, welche zu einer Harmonisierung des europäischen Marktes beiträgt, ist in erster Linie sehr wichtig für Produkte, die für den Export bestimmt sind. Das trifft jedoch auf Dämmstrohballe nur sehr bedingt zu, da sich diese schon allein aufgrund der relativ hohen Transportkosten eher zum Verkauf im Inland eignen (vgl. Kapitel 0 zu Logistik).
- Zeitaufwand:  
Da die Abstimmung und Vergabe einer ETZ über alle in der EU vertretenen Länder abläuft, muss im Vergleich zur ÖTZ ein wesentlich höherer Zeitaufwand in Kauf genommen werden. Die Projektlaufzeit würde folglich für das Erreichen der ETZ nicht ausreichen. Die Vergabe einer ÖTZ ist dagegen ausschließlich eine Entscheidungssache der neun österreichischen Bundesländer.

Da außerdem sämtliche bestehende Österreichische Normen mit Mai 2010 ihre Gültigkeit verloren und auf Europäische Normen umgestellt wurden, wurden auch bereits davor die Eigenschaftsprüfungen für die ÖTZ nach den gleichen Europäischen Normen durchgeführt wie für die ETZ. Dies hat den Vorteil, dass nach Ablauf der dreijährigen Gültigkeit einer ÖTZ für ein Produkt problemlos ein Nachfolgeantrag für eine ETZ gestellt werden kann. (Das ist natürlich nur möglich, sofern keine Änderung des zugelassenen Produktes oder eine Änderung des Zulassungsvorganges selbst stattgefunden hat.)

Aus diesen Gründen war die Österreichische Technische Zulassung (ÖTZ) in diesem Projekt das geeignete Instrument zur Zertifizierung von regional produzierten und für den heimischen Markt bestimmten Dämmstrohballe.

### 2.3.2 Ablauf der Österreichischen Technischen Zulassung

Die Durchführung einer Österreichischen Technischen Zulassung gliedert sich in mehrere Verfahrensschritte. Das nachfolgende Schema zeigt einen Ablaufplan des Zertifizierungsverfahrens sowie die unterstützenden zusätzlichen Arbeitsschritte. Dieser „Fahrplan“ zur Zertifizierung der S-HOUSE Ballen wurde auf der Grundlage aller relevanten Informationen mit den zuständigen Zertifizierungsstellen und Prüflaboren erarbeitet.

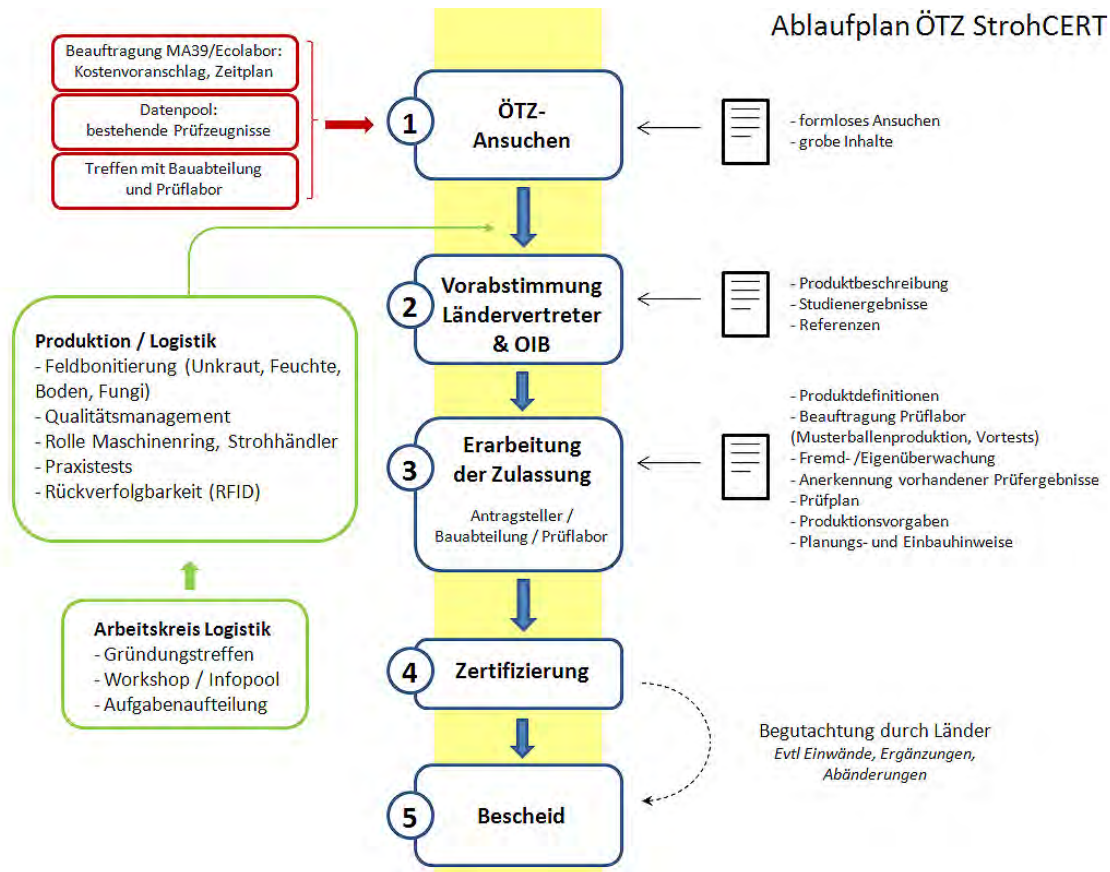


Abbildung 8: Ablaufplan der Österreichischen Technischen Zulassung (ÖTZ)

Im ersten Schritt ist an die Bauabteilung ein formloses Ansuchen für die ÖTZ zu schicken. Dieses Ansuchen sollte eine grobe Produktbeschreibung, den Verwendungszweck und -bereich sowie Detailinformationen zu den technischen Materialeigenschaften und, falls vorhanden, bestehende Prüfzertifikate beinhalten. Auf Grundlage dieser Informationen erfolgt nun eine Vorabstimmung durch die Ländervertreter und das OIB. Bei positivem Ergebnis kann im Anschluss zusammen mit der Bauabteilung und dem Prüflabor eine Zulassung erarbeitet werden.

Für die Erarbeitung der Zulassung für S-HOUSE Ballen wurde das Produkt zunächst definiert (s. Kap. 2.1.3) und entsprechend den definierten Anforderungen eine Musterballenproduktion durchgeführt. Nach erfolgreichen Vortests wurden die notwendigen Erstprüfungen an den Dämmstrohbällen von einem akkreditierten Prüflabor durchgeführt (Kap. 2.3.3). Parallel zu den Erstprüfungen wurden Planungs- und Einbauhinweise herausgearbeitet und ein Prüfplan erstellt, in dem der Prüfungsumfang und die Prüfhäufigkeiten für die Qualitätskontrolle der S-HOUSE Ballen während der Produktion definiert werden. Diese Dokumente wurden anschließend in einem Qualitätshandbuch zusammengefasst (die Inhalte des Handbuchs werden im Kapitel 4.4 „Qualitätsmanagement“ detaillierter beschrieben).

Mit der Übergabe des Qualitätshandbuches, des Prüfberichtes der Erstprüfungen und eventueller bereits im Vorfeld anerkannter Prüfberichte kann mit der eigentlichen Zertifizierung begonnen werden. Erste Erfahrungen aus durchgeführten Probeproduktionen, Qualitätskontrollen und Logistiktestläufen nach den definierten Anforderungen können bei einem ab-



schließenden Treffen von Antragsteller, Prüflabor und Bauabteilung nachträglich in die Zertifizierung eingearbeitet werden.

Im letzten Schritt des „Fahrplans“ für die Zertifizierung erfolgt eine Begutachtung des Qualitätshandbuches und der Prüfergebnisse durch die Länder. Bei einer positiven Beurteilung erfolgt die Vergabe des Prüfbescheids.

### 2.3.3 Prüfungen im Rahmen der Erstprüfung

Die Erstprüfung für den Erhalt der Österreichischen Technischen Zulassung wird entsprechend der CUAP „Factory-made thermal insulation material and/or acoustic insulation material made of vegetable or animal fibres“ vom Juni 2005 durchgeführt. Der Dämmstrohhallen ist auf unterschiedliche Eigenschaften mit den entsprechenden Nachweismethoden zu untersuchen. Alle Prüfungen mit den dafür notwendigen Normen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Prüfungen	Normen	
Beständigkeit gegen Schimmelpilze	ÖN B 6010	Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Prüfmethode
Bestimmung der Länge und Breite	EN 822	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Länge und Breite
Bestimmung der Dicke	EN 823	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dicke
Bestimmung der Rohdichte	EN 1602	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Rohdichte
Dimensionsstabilität bei 70°C und 50% rF	EN 1604	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen
Wasseraufnahme	EN 1609	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen
Wärmeleitfähigkeit trocken Wärmeleitfähigkeit feucht	EN 12667	Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestromplatten-Gerät – Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand
Strömungswiderstand	EN 29053	Materialien für akustische Anwendungen – Bestimmung des Strömungswiderstandes
Brandverhalten E (inkl. Klassifizierungsbericht)	EN ISO 11925-2	Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Teil 2: Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung
	EN 13501-1	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen
<i>Für die Zertifizierung nicht erforderlich, aber im Projekt durchgeführt:</i> Wasserdampfdiffusion	EN 12086	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit

Tabelle 6: Durchzuführende Prüfungen am Dämmstoff im Rahmen der Erstprüfung



Die Beständigkeit von Stroh gegen Schimmelpilze war bereits sowohl vom Österreichischen Institut für Bautechnik als auch vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik gemäß der ÖNORM B 6010 geprüft worden, das Ergebnis konnten daher für die Zertifizierung anerkannt werden (siehe Kapitel 2.4).

Nachfolgend werden alle übrigen, selbst durchgeführten Prüfverfahren genauer beschrieben. Die Ergebnisse dieser Prüfungen finden sich ebenfalls in Kapitel 2.4.

### **Bestimmung der Länge und Breite**

#### *Prüfvorhaben*

Dieses Verfahren zur Bestimmung der Länge und Breite wird nach der Europäischen Norm EN 822 vom Juli 1994 durchgeführt. In dieser Norm sind Prüfeinrichtungen und -verfahren zur Bestimmung der Länge und Breite der Liefermaße eines Produktes festgelegt. Die Norm ist für Wärmedämmstoffe ausgelegt.

#### *Prinzip*

Bei diesem Versuch werden die Maße der Probekörper auf einer ebenen Unterlage mit einer Messeinrichtung direkt abgemessen.

#### *Prüfeinrichtung*

Die Prüfeinrichtung bei dieser Prüfmethode besteht aus einer ebenen Unterlage und einer Messeinrichtung wie z. B. einem Stahlbandmaß oder einem Stahllineal. Es können aber auch andere ähnliche Messeinrichtungen verwendet werden, sofern diese über eine Millimeter-Aufteilung verfügen und das Ablesen der Werte auf 0,5 mm möglich ist.

#### *Durchführung der Prüfung*

Der Probekörper ist zunächst auf der ebenen Unterlage zu positionieren, die Längen- und Breitenmaße werden dann mit Hilfe der Messeinrichtung abgelesen. Die Anzahl der Messstellen ist dabei abhängig von der Größe des Probekörpers. Bei Probekörpermaßen kleiner oder gleich 1,5 m ist eine Messstelle ausreichend. Bei größeren Probekörpern mit einer Länge größer als 1,5 m ist die Breite zusätzlich einmal für jeden weiteren Meter Länge in gleichen Abständen zu messen. Gleiches gilt auch für die Breite. Es werden Abmessungen jedoch nur an maximal 5 Messpunkten durchgeführt. Die Bestimmung erfolgt mit einer Genauigkeit von 1 mm.

(EN 822, 1994)

### **Bestimmung der Dicke**

#### *Prüfvorhaben*

Das Verfahren zur Bestimmung der Dicke von Produkten in Liefermaßen wird nach der Europäischen Norm EN 823 vom Juli 1994 durchgeführt. In dieser Norm sind Prüfverfahren und Prüfeinrichtungen zur Bestimmung der Dicke von Wärmedämmstoffen festgelegt.

#### *Prinzip*

Bei diesem Versuch wird der Abstand zwischen der Messplatte auf der Oberseite des Probekörpers und der Unterlage, auf welcher sich der Probekörper befindet, gemessen.

### *Prüfeinrichtung*

Für die Durchführung dieser Prüfung wird eine ebene steife Unterlage benötigt, an welcher ein ebenfalls steifer Rahmen mit einer Messuhr befestigt ist. Die Unterlage sollte mindestens die Größe des Probekörpers besitzen, und die Fehlergrenze der Messuhr sollte bei mindestens 0,5 mm<sup>2</sup> liegen. Die quadratische Messplatte mit einer Kantenlänge von 200 mm muss abhängig von der Produktnorm einen Prüfdruck von  $50 \pm 1,5$  Pa oder  $250 \pm 5$  Pa ausüben können.

### *Durchführung der Prüfung*

Zunächst ist der Probekörper auf die ebene, steife Unterlage zu legen. Bei beschichteten Probekörpern ist darauf zu achten, dass die Seite mit der Beschichtung zur Unterlage hin gerichtet ist. Danach ist die Messplatte so auf dem Probekörper an der festgelegten Stelle zu positionieren, dass die Messuhr immer zentrisch über der Messplatte angebracht ist. Anschließend kann der Prüfdruck auf den Probekörper aufgebracht werden. Abhängig von der Größe sind unterschiedlich viele Messungen für jeden Probekörper durchzuführen.

(EN 823, 1994)

## **Bestimmung der Rohdichte**

### *Prüfvorhaben*

Die Prüfmethode zur Bestimmung der Rohdichte wird nach der Europäischen Norm EN 1602 vom November 1996 durchgeführt. Diese Norm, in welcher Prüfeinrichtungen und Prüfverfahren zur Bestimmung der Rohdichte und der Kern-Rohdichte unter definierten Bedingungen festgelegt sind, bezieht sich auf Probekörper und Wärmedämmstoffe in Liefermaßen.

### *Prinzip*

Bei dieser Bestimmungsmethode wird die Rohdichte als Quotient aus der Masse und dem Volumen des Probekörpers bestimmt.

### *Prüfeinrichtung*

Für die Durchführung der Prüfung wird eine kalibrierte Waage benötigt, welche die Masse des Probekörpers auf 0,5 % genau bestimmen kann, sowie eine Messeinrichtung zur Bestimmung der Probekörpermaße.

### *Durchführung der Prüfung*

Zur Bemessung der Rohdichte werden im Regelfall die bereits gemessenen Werte der Prüfungen nach den Normen EN 822 und EN 823 verwendet. Aus diesen lässt sich der Wert für das Volumen berechnen. Die Masse des Probekörpers wird dann mit Hilfe der Waage bestimmt und ist in Kilogramm anzugeben. Aus den vorhandenen Werten wird nun die Rohdichte berechnet. Es ist jedoch zu beachten, dass bei kaschierten oder beschichteten Probekörpern die Kaschierungen bzw. die Beschichtungen zu subtrahieren sind.

(EN 1602, 1996)

## **Dimensionsstabilität**

### *Prüfvorhaben*

Diese Prüfung zur Bestimmung der Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen wird nach der Europäischen Norm EN 1604 vom November 1996 mit dem Anhang A1 vom September 2006 durchgeführt. In dieser Norm ist ein Bereich von Bedingungen angegeben, aus welchem die zweckmäßigsten Prüfbedingungen ausgewählt werden können. Diese Prüfbedingungen dienen zur Bestimmung der Dimensionsänderungen von Probekörpern bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen auch im Zusammenhang mit der Dauer der Beanspruchung. Die Norm ist ausgelegt für Wärmedämmstoffe im Bauwesen.

### *Prinzip*

Bei diesem Verfahren werden die zu untersuchenden Probekörper zunächst konditioniert, für einen festgelegten Zeitraum definierten Klimabedingungen ausgesetzt und danach erneut konditioniert. Der Wert für die Dimensionsstabilität ergibt sich dann aus den bestimmten Maßen vor und nach den Konditionierungen und den damit verbundenen Änderungen der Maße der Probekörper.

### *Prüfeinrichtung*

Für die Durchführung dieser Prüfmethode sind eine temperaturgeregelte bzw. eine temperatur- und feuchtegeregelte Prüfkammer und eine Messeinrichtung zur Bestimmung der Probekörpermaße erforderlich.

### *Durchführung der Prüfung*

Vor der Einbringung des Probekörpers in die Klimakammer werden bei diesem Verfahren zunächst die Ausgangsmaße bestimmt. Die Bestimmung erfolgt jeweils an drei verschiedenen Positionen für die Länge und Breite und an fünf Positionen für die Dicke des Probekörpers. Um sicherzustellen, dass eine freie Zirkulation der Luft um die Probekörper möglich ist, sind diese zunächst waagrecht oder senkrecht in Abständen von mindestens 25 mm auf einer perforierten Metallplatte oder auf einem steifen Drahtgeflecht in der Prüfkammer zu positionieren. Es ist außerdem darauf zu achten, dass die Probekörper keiner direkten Strahlung der Heizelemente ausgesetzt sind.

Die Beanspruchung der Probekörper in der Klimakammer erfolgt in der Regel über einen Zeitraum von  $24 \pm 1$  h oder  $48 \pm 1$  h. Nach der Beanspruchung in der Klimakammer werden die Probekörper über eine Zeitspanne von  $3 \pm 1$  h einem Klima von  $23 \pm 2$  °C und  $50 \pm 5$  % relativer Luftfeuchte ausgesetzt. Im Anschluss werden erneut die Abmaße an den gleichen Positionen wie bei den Ausgangsmessungen bestimmt, um eine Veränderung der Maße zu berechnen.

*(EN 1604, 2007)*

## **Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen**

### *Prüfvorhaben*

Der Versuch zur Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen wird nach der Europäischen Norm 1609 vom November 1996 mit dem Anhang A1 vom September 2006 durchgeführt. Dieses Verfahren dient dazu, eine mögliche Wasseraufnahme zu simulieren, welche während der Bauzeit bei einer 24 Stunden andauernden Regenperiode auftreten kann. Dieser Versuch gilt für Wärmedämmstoffe.

### *Prinzip*

Bei diesem Versuch wird die Wasseraufnahmefähigkeit bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen von Probekörpern bestimmt. Dabei wird die Änderung der Masse nach einer Eintauchzeit von 24 Stunden gemessen. Das an der eingetauchten Unterseite haftende Wasser, welches nicht vom Probekörper absorbiert worden ist, kann entweder durch Abtropfen entfernt oder bei der Subtraktion der anfänglichen Wasseraufnahme berücksichtigt werden.

### *Prüfeinrichtung*

Die zur Durchführung dieses Versuches benötigte Prüfeinrichtung besteht aus einem Wasserbehälter mit einer Einrichtung, um den Probekörper zu fixieren, welche allerdings nicht mehr als 15 % der dem Wasser ausgesetzten Fläche bedecken darf, und aus einem Temperaturmessgerät, um zu kontrollieren, dass die Wassertemperatur die Anforderungen in der Norm erfüllt. Da es sich bei diesem Versuch um eine Ermittlung der Gewichtszunahme über einen bestimmten Zeitraum handelt, ist natürlich auch eine Waage zur Massenbestimmung auf 0,1 g und ein Zeitmessgerät auf 1 Sekunde genau erforderlich. Zum Abtropfen des anhaftenden Wassers wird eine Vorrichtung aus Metall benötigt, in die man die Probekörper in einem Winkel von 90° aufstellen kann.

### *Durchführung der Prüfung*

Die Durchführung dieses Versuches ist generell nach zwei verschiedenen Arten möglich, und zwar nach dem Abtropfverfahren und nach dem Subtraktionsverfahren. In diesem Fall wird das Verfahren zur Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen nach dem Abtropfverfahren durchgeführt. Dafür ist zunächst die Ausgangsmasse des Probekörpers  $m_0$  auf 0,1 g genau zu bestimmen. Die Probekörper werden dann, mit einer der größten Seitenflächen nach unten gerichtet, in dem leeren Wasserbehälter fixiert. Bei der Zugabe des Wassers ist darauf zu achten, dass die Unterkante der Probe  $10 \pm 2$  mm unter dem Wasserspiegel liegt und dies auch während der gesamten Prüfung so bleibt.

Nach einer Zeit von 24 Stunden wird der Probekörper aus dem Wasserbehälter entnommen und für  $10 \pm 0,5$  Minuten senkrecht auf die um 45° geneigte Abtropfvorrichtung gelegt. Anschließend wird der Probekörper erneut gewogen und die Masse  $m_{24}$  des Probekörpers nach 24 Stunden ermittelt.

*(EN 1609, 1996 bzw. A1 2006)*

## **Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes mit dem Plattenmessgerätverfahren**

### *Prüfvorhaben*

Die Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes von Probekörpern mit einem Wärmedurchlasswiderstand von mindestens  $0,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  erfolgt mit Hilfe der Europäischen Norm EN 12667 vom Januar 2001. In dieser Norm sind die notwendigen Grundlagen und Prüfverfahren für die Durchführung dieses Versuches mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplattengerät spezifiziert.

### *Prinzip*

Mit dem Plattengerät ist es möglich, homogene Probekörper in Form von Platten mit ebenen, planparallelen Flächen auf ihren Wärmedurchlasswiderstand durch die Herstellung einer in eine Richtung wirkenden konstanten und gleichmäßigen Wärmestromdichte zu untersuchen. Durch diese Wärmestromdichte der Messfläche und die an den Probekörperoberflächen gemessene Temperaturdifferenz ist es möglich, in Zusammenhang mit der Probekörperdicke den Wärmedurchlasswiderstand, den Übertragungsfaktor, die Wärmeleitfähigkeit und auch die Wärmedurchlässigkeit zu bestimmen.

### *Prüfeinrichtung*

Zur Durchführung dieses Verfahrens ist ein Plattengerät erforderlich. Dieses kann entweder ein Einplattengerät oder ein Zweiplattengerät mit Heizplatte, Messfläche, Kühlplatten, Randdämmung und zusätzlichen Schutzflächen sein.

Bei dem Zweiplattengerät wird die Platteneinheit, welche sich aus einer Heizeinrichtung und Deckplatten aus Metall zusammensetzt, in Sandwichform zwischen zwei Probekörper eingebracht. Von dieser wird der Wärmestrom dann durch die Probekörper zu getrennten isothermen Kühlplatten geleitet.

Bei dem Einplattengerät hingegen wird einer der Probekörper durch eine Kombination aus Dämmstoff und Schutzplatte ersetzt, wodurch es dann möglich ist, eine Temperaturdifferenz von null einstellen zu können.

### *Durchführung der Prüfung*

Vor dem Beginn der Messungen sind zunächst Massenbestimmungen auf  $0,5 \%$  genau und Berechnungen der Massenverluste der Probekörper durch Trocknungen bis zur Massenkonzanz durchzuführen. Für die Dicke der Probekörper kann entweder die beim Einrichten der Heiz- und Kühlplatten vorgegebene Dicke oder die zu Beginn der Prüfung gemessene Dicke verwendet werden. Aus den Abmaßen kann dann ebenfalls die Dichte während der Prüfung errechnet werden.

Das Einstellen der Umgebungsbedingungen erfolgt entweder durch Regelung der Umgebungstemperatur oder aber durch die Verwendung einer wasserdampfdichten Hülle. Bei Letzterer ist jedoch eine Bildung von Tauwasser zu vermeiden.

Die mittlere elektrische Leistung, welche dann dem Messausschnitt zugeführt wird, ist mit einer Genauigkeit von  $0,1 \%$  zu messen. Während der Messungen dürfen keine Temperaturschwankungen zwischen den Heiz- und Kühlplatten größer als  $0,3 \%$  auftreten, auch eine

Temperaturstabilität zwischen dem Mess- und dem Schutzringausschnitt muss gewährleistet sein, damit die Summe der Messabweichungen kleiner als 0,5 % bleibt.

Bei einer Verwendung des Zweiplattengerätes ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Temperaturdifferenzen der Oberflächen der beiden Probekörper um nicht mehr als 2 % voneinander abweichen. Sollte es zu einer Änderung der Probekörperabmaße kommen, ist dies in den Prüfbericht mit einzubeziehen. Aus den gemessenen Werten können nun die weiteren gewünschten Werte bestimmt werden.

(EN 12667, 2001)

Da Stroh jedoch wie alle Dämmstoffe aus organischen Naturfasern ein ausgeprägtes Sorptionsverhalten für Wasserdampf besitzt und sich die Wärmeleitfähigkeit durch einen zunehmenden Feuchtegehalt im Stroh erhöht, sind für den Dämmstoff Stroh die Feuchteumrechnungsfaktoren zu berechnen. Zur Bestimmung der Feuchteumrechnungsfaktoren sind wiederum die Feuchtekoeffizienten und die Werte der massebezogenen Feuchtegehalte erforderlich. Letztere sind gemäß der Norm EN ISO 12571 „Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften“ zu bestimmen, wie nachfolgend beschrieben.

## **Hygroskopische Sorptionseigenschaften**

### *Prüfvorhaben*

Das Prüfverfahren zur Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften wird nach der Europäischen Norm EN ISO 12571 vom März 2000 durchgeführt. In dieser Norm sind zwei Verfahren festgelegt, mit welchen sich der Feuchtegehalt einer Probe im Gleichgewichtszustand mit Luft von einer bestimmten Feuchte und Temperatur bestimmen lässt.

Die beiden festgelegten Verfahren in dieser Norm sind zum einen das Klimakammerverfahren, bei dem eine Klimakammer verwendet wird, und das Exsikkatorverfahren. Dieses ist ein Referenzverfahren, welches unter Verwendung von Exsikkatoren und Wägegefäßen durchgeführt wird. Zur Überprüfung der Strohballen wird jedoch das Klimakammerverfahren verwendet.

### *Prinzip*

**Absorptionskurve:** Zur Bestimmung der Absorptionskurve wird der Probekörper zunächst bis zur Massenkonstanz getrocknet, um ihn anschließend bei gleichbleibender Temperatur nacheinander in mindestens vier verschiedene Prüfbedingungen mit ansteigender relativer Luftfeuchte einzubringen. In jedem Prüfklima wird durch Wiegen des Probekörpers bis zur Massenkonstanz der Gleichgewichtszustand mit der Umgebung ermittelt, durch welchen dann der jeweilige Feuchtegehalt bestimmt werden kann. Mit diesen Werten lässt sich anschließend die Absorptionskurve zeichnen.

**Desorptionskurve:** Der Ausgangspunkt zur Bestimmung der Desorptionskurve ist eine relative Luftfeuchte von mindestens 95 %, welche entweder der Endpunkt der Kurve ist oder aber auch mittels Absorption an einem getrockneten Probekörper erreicht werden kann. Der Probekörper wird dann anschließend bei konstanter Temperatur in mindestens vier verschiedene Prüfatmosphären mit einer stufenweise abnehmenden relativen Luftfeuchte eingebracht.

In jeder Prüfumgebung wird über den Gleichgewichtszustand, welcher durch Wiegen des Probekörpers bis zur Massenkonstanz ermittelt wird, der Feuchtegehalt bestimmt. Zum Abschluss wird der Probekörper bei einer geeigneten Temperatur bis zur Massenkonstanz getrocknet, aus den ermittelten Werten kann dann die Desorptionskurve erstellt werden.

#### *Prüfeinrichtung*

Zur Durchführung der Prüfmethode nach dem Klimakammerverfahren sind ein Wärmeschrank, Wägegefäße, welche kein Wasser absorbieren, und eine Analysewaage mit einer Messgenauigkeit von 0,01 % der Masse des Probekörpers notwendig. Des Weiteren ist eine Klimakammer erforderlich, mit welcher es möglich ist, die gewünschten Werte für die Temperatur auf  $\pm 2$  K und für die relative Luftfeuchte auf  $\pm 5$  % über den gesamten Prüfbereich halten zu können.

#### *Durchführung der Prüfung*

**Absorptionskurve:** Der Probekörper wird zunächst im Wärmeschrank bis zur Massenkonstanz getrocknet. Eine Massenkonstanz ist erreicht, wenn nach mindestens drei aufeinanderfolgenden Wägungen im Abstand von nicht weniger als 24 Stunden die Änderung der Masse weniger als 0,1 % der Gesamtmasse beträgt. Als nächstes wird der Probekörper in die Klimakammer mit der niedrigsten gewünschten relativen Luftfeuchte gelegt und periodisch bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes mit der Umgebung gewogen. Dieser Vorgang wird anschließend mit mindestens drei weiteren, möglichst gleichmäßig ansteigenden relativen Luftfeuchten wiederholt. Die Prüfklimata sollten so ausgewählt werden, dass sie sich im Bereich zwischen 30 und 95 % relativer Luftfeuchte befinden.

**Desorptionskurve:** Die Messungen zur Ermittlung der Desorptionskurve beginnen mit einer relativen Luftfeuchte von 95 %. Der Probekörper wird in die Klimakammer gelegt und dann periodisch bis zur Massenkonstanz gewogen. Eine Massenkonstanz ist ebenfalls wieder erreicht, wenn die Änderung der Masse nach drei aufeinanderfolgenden Messungen im Abstand von mindestens 24 Stunden weniger als 0,1 % der Gesamtmasse beträgt. Dieser Vorgang wird dann mit gleichmäßig absteigenden relativen Luftfeuchten im Bereich von 30 bis 95 % relativer Luftfeuchte wiederholt. Es sind jedoch mindestens drei weitere Messungen durchzuführen.

*(EN ISO 12571, 2000)*

### **Bestimmung des Strömungswiderstands**

#### *Prüfvorhaben*

Der Versuch zur Bestimmung des Strömungswiderstandes wird nach der Europäischen Norm 29053 – Materialien für akustische Anwendungen – vom März 1993 durchgeführt, da es über den Strömungswiderstand möglich ist, Beziehungen zwischen den strukturellen Eigenschaften und einigen akustischen Eigenschaften der untersuchten Materialien herzustellen, wodurch z. B. ein Rückschluss auf die Absorption oder Dämpfung gemacht werden kann.

### *Prinzip*

Bei diesem Verfahren kann die Bestimmung des Strömungswiderstandes entweder über das Luftgleichstromverfahren (Verfahren A) oder über das Luftwechselstromverfahren (Verfahren B) bestimmt werden.

Bei dem Luftgleichstromverfahren wird der Probekörper mit einer kontrollierten gerichteten Luftströmung durchströmt und der auftretende Druckverlust zwischen beiden Seiten des Probekörpers gemessen. Bei dem Luftwechselstromverfahren hingegen wird der Probekörper mit einer langsam wechselnden Luftströmung durchströmt und der Wechselanteil des Druckes innerhalb des vom Probekörper eingeschlossenen Probevolumens gemessen.

### *Prüfeinrichtung*

Zur Durchführung dieses Versuches ist in jedem Fall bei beiden Verfahren ein Prüfgefäß erforderlich, welches die Aufnahme des Probekörpers ermöglicht, sowie auch eine Einrichtung zur Messung der Probendicke in Prüfposition mit einer Toleranz von  $\pm 2,5\%$ .

Beim Verfahren A wird außerdem eine Einrichtung zur Erzeugung eines Luftwechselstroms benötigt. Diese kann entweder z. B. ein mit Wasser gefüllter Behälter oder eine Vakuumpumpe zur Erzeugung eines Unterdruckes sein oder aber auch z. B. ein Luftkompressor. Es sollte jedoch in jedem Fall eine Steuerung der Strömung möglich sein, um die benötigten Durchflussraten und eine stabile Strömung im unteren Teil des Prüfgefäßes sicherzustellen. Des Weiteren werden Messeinheiten mit Toleranzen von  $\pm 5\%$  für den Volumenstrom und für die Bestimmung der Druckdifferenz benötigt. Bei Letzterem sollte eine Messung von kleinen Drücken bis 0,1 Pa möglich sein.

Bei dem Verfahren B werden im Gegenteil zum Verfahren A Einrichtungen zur Erzeugung eines Luftwechselstroms und zur Messung des Wechselanteils des Druckes innerhalb des vom Probekörper eingeschlossenen Probevolumens benötigt. Die Erzeugung des Wechselstroms erfolgt über einen Kolben, welcher sich sinusförmig mit einer Frequenz von 2 Hz bewegt. Die Messung des Wechseldruckes im Probenhalter erfolgt durch ein seitlich befestigtes Kondensator-Mikrofon, welches mit einem Verstärker und einem Anzeigergerät verbunden ist.

### *Durchführung der Prüfung*

Zunächst ist der Probekörper in das Prüfgefäß einzubringen, und es ist sicherzustellen, dass die Kanten korrekt abgedichtet sind. Danach ist das Dickenmessgerät am Probekörper zu positionieren, um das freie oder komprimierte Volumen zu bestimmen, sodass die Rohdichte und die Dichte unter Kompression abgeleitet werden können. Da der spezifische Strömungswiderstand von schallschluckenden Materialien mit der linearen Geschwindigkeit des Luftstroms ansteigt, sollte zur Erreichung der optimalen Werte bei einer kleinstmöglichen linearen Strömungsgeschwindigkeit, welche mit  $u = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  definiert wird, gemessen werden.

Bei dem Luftgleichstromverfahren kann deshalb entweder direkt bei diesem Wert gemessen werden oder eine schrittweise Annäherung bis zur unteren Grenze erfolgen, um den Strömungswiderstand zu berechnen. Im Falle der schrittweisen Reduzierung des Durchflusses



ist der Strömungswiderstand dann mit Hilfe einer grafischen Darstellung und eventueller Extrapolation zu bestimmen.

Bei dem Luftwechselstromverfahren ist der Strömungswiderstand bei einem quadratischen Mittelwert der Geschwindigkeit von  $u = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  zu bestimmen. Andernfalls kann er ebenfalls durch das Annäherungsverfahren bestimmt werden.

(EN 29053, 1993)

## **Brandverhalten: Bestimmung der Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung**

### *Prüfvorhaben*

Dieser Versuch zur Bestimmung der Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung wird nach der Norm EN ISO 11925-2 vom Februar 2002 durchgeführt. Diese Norm ist eine von mehreren, welche sich mit dem Brandverhalten von Baustoffen beschäftigen. Mit Hilfe einer kleinen Flamme, welche direkt auf den vertikal angeordneten Probekörper einwirkt, wird die Entzündbarkeit ermittelt. Der Versuch findet ohne zusätzliche Wärmeeinstrahlung statt.

Die Auswertung der Ergebnisse und die Einteilung in die Brennbarkeitsklassen erfolgt über den ersten Teil der Norm EN 13502-1 – Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten vom Februar 2007.

### *Prinzip*

Bei diesem Prüfverfahren wird die Entzündbarkeit eines Baustoffes durch die Beanspruchung einer kleinen Flamme bewertet. Es wird dabei sowohl eine Flächenbeflammung als auch eine Kantenbeflammung über einen Zeitraum von 15 Sekunden durchgeführt. Bei diesem Versuch muss eine Einordnung in die minimale Brennbarkeitsklasse E erreicht werden.

### *Prüfeinrichtung*

Dieser Prüfversuch sollte nach Möglichkeit in einem Brennkasten mit einer geeigneten Abluftströmung über einem am Boden befindlichen Metallgitterrost durchgeführt werden. Der mit dem handelsüblichen Propangas betriebene Brenner, welcher bei diesem Versuch verwendet wird, muss so auf einer horizontalen Platte montiert sein, dass er sich widerstandslos auf dieser mittig vorwärts und rückwärts bewegen lässt. Außerdem muss er sich sowohl vertikal als auch im Winkel von  $45^\circ$  zur vertikalen Achse benutzen lassen können.

Um bei der letzteren Einstellung eine Stabilität der Flamme zu gewährleisten, ist der Brenner mit einem Gasdruck zwischen 10 und 50 kPa zu betreiben. Der zu beflammende Probekörper wird in einem geeigneten Probenhalter auf einem Stativ befestigt. Nach den Anforderungen in der Norm ist der Probekörper in den Probenhalter einzuklemmen, wobei dieser keinen unteren Rahmen besitzen darf, da sonst die untere Kante des Probekörpers nicht direkt der Flamme ausgesetzt werden kann. Des Weiteren ist ein Zeitmessgerät mit einer Messunsicherheit von 1 Sekunde pro Stunde erforderlich.

### *Durchführung der Prüfung*

Der Versuch zur Bestimmung der Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung muss innerhalb von 30 Minuten abgeschlossen sein, sobald die Probekörper aus dem Konditionierungsklima entnommen werden. Der Probekörper ist so in den Probenhalter einzuspannen, dass die Seitenkanten von diesem geschützt sind, aber das Probenende 30 mm über dem

Rahmenende liegt. Als Nächstes wird der Brenner mit einem Abstandhalter zum Probekörper entsprechend ausgerichtet und eine Flamme mit einer Höhe von  $20 \pm 0,1$  mm nach Normvorschrift entzündet. Der Brenner ist nun  $45^\circ$  um seine vertikale Achse bis zum Kontaktpunkt der Flamme mit dem Probekörper zu drehen. Zum gleichen Zeitpunkt ist auch das Zeitmessgerät zu starten. Der Versuch läuft nach Angaben in der Norm über einen Zeitraum von 15 Sekunden. Der Kontaktpunkt am Probekörper ist abhängig von der Art der Beflammung. Bei der Flächenbeflammung müssen die Proben in der Mitte 40 mm oberhalb des unteren Randes der Flamme ausgesetzt werden. Bei der Kantenbeflammung bei Probekörpern mit einer Dicke von über 3 mm findet die Beflammung 1,5 mm hinter der Vorderkante an der unteren Probekante statt.

(EN ISO 11925-2, 2002)

## **Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit**

### *Prüfvorhaben*

Das Verfahren zur Ermittlung der Wasserdampfdurchlässigkeit erfolgt nach der Europäischen Norm EN 12086 vom Juni 1997. Die in dieser Norm festgelegten Prüfeinrichtungen und Verfahren eignen sich zur Bestimmung der Wasserdampf-Diffusionsstromdichte, des Wasserdampf-Diffusionsdurchlasskoeffizienten und des Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizienten unter unterschiedlichen Klimabedingungen. Dieses Verfahren gilt für Wärmedämmstoffe.

### *Prinzip*

Der zu untersuchende Probekörper wird in ein Prüfgefäß eingebaut und seitlich abgedichtet. Im unteren Teil des Prüfgefäßes befindet sich eine wässrige gesättigte Salzlösung oder ein Trocknungsmittel, nach oben hin ist das Gefäß offen. Die gesamte Prüfanordnung wird in ein Prüfklima mit definierten Luftfeuchte- und Temperaturangaben eingebracht, in dem es zu einem Wasserdampfstrom durch den Probekörper kommt, da eine Wasserdampfdruckdifferenz zwischen dem Prüfklima und dem Prüfgefäß vorhanden ist. Durch Abwiegen der Prüfanordnung in definierten Zeitabständen kann die Wasserdampf-Diffusionsstromdichte bestimmt werden, wenn diese den stationären Zustand erreicht hat.

### *Prüfeinrichtung*

Die Prüfeinrichtung besteht aus zwei korrosionsbeständigen Metallspannrings, welche sich ineinander verschieben lassen. Zusätzlich wird der Verbindungsabschnitt der beiden Spannrings mit einem nicht wasserdampfdurchlässigen Material abgedichtet. In dem oberen Spannrings, welcher nach oben hin offen ist, wird der Probekörper eingespannt und mit Silikon zum Rand hin abgedichtet, im unteren geschlossenen Spannrings befindet sich das Trocknungsmittel. Des weiteren ist entweder ein Klimaschrank oder eine Klimakammer erforderlich, mit der sich das in der Norm geforderte Prüfklima einstellen lässt, und eine Analysewaage mit einer Fehlergrenze von 1 mg zur Bestimmung der Masse der Prüfanordnung.

### *Durchführung der Prüfung*

Zunächst ist sicherzustellen, dass die Klimabedingungen in der Prüfkammer richtig eingestellt sind und konstant gehalten werden. Das Trocknungsmittel wird vor Beginn des Versu-

ches in einem Trockenschrank gelagert, um zu garantieren, dass es eine relative Luftfeuchte von 0 % besitzt. Von diesem Mittel wird nun so viel in den unteren Teil der Prüfeinrichtung gegeben, dass dort eine Schichtdicke von mindestens 15 mm vorhanden ist. Außerdem ist darauf zu achten, einen Abstand von  $15 \pm 5$  mm zwischen Trocknungsmittel und Probekörper einzuhalten. Die Prüfeinrichtung mit dem Probekörper ist auf 1 mg zu wägen und wird dann für einen Zeitraum von 1 bis 24 Stunden in der Prüfkammer konditioniert.

Das Gewicht der Prüfanordnung wird in einem Zeitabstand von ca. 24 Stunden kontrolliert, bis die Massenänderung nach fünf aufeinanderfolgenden Zeiteinheiten nicht mehr als  $\pm 5$  % vom Mittelwert eines jeden Probekörpers abweicht. Außerdem ist die Massenänderungs-Zeitkurve aufzuzeichnen, um aufzuzeigen, dass eine gleichbleibende Massenänderung festzustellen ist.

*(EN 12086, 1997)*

## **2.4 Prüfergebnisse und Prüfbericht**

Das Prüfergebnis für die Beständigkeit gegen Schimmelpilze wurde, wie bereits erwähnt, anerkannt, alle weiteren erforderlichen Prüfungen sowie die Prüfung der Wasserdampfdiffusion als zusätzliche Eigenschaftsprüfung wurden gemäß den entsprechenden Normen von einer akkreditierten Prüf- und Überwachungsstelle durchgeführt und haben die Anforderungen für die Erlangung einer ÖTZ erfüllt. Die angegebenen Prüfergebnisse gelten für die bei der Erstprüfung verwendeten Probekörper. Die Prüfergebnisse sind zusätzlich im Prüfbericht zusammengefasst (siehe Abbildung 9).



# PRÜFBERICHT

Prüfbericht Nr.: **ECO-P10008-09039** Datum: 30.04.2010

Auftraggeber: Gruppe Angepasste Technologie  
Technische Universität Wien  
Wiedner Hauptstraße 8-10  
A-1040 Wien

Auftragsdatum: 19.03.2009

Gegenstand: Dämmstoff aus gepresstem Stroh  
Wärmedurchgang in Pressrichtung

Produktname: **“S-HOUSE Ballen“**

Herstellerwerk: Gruppe Angepasste Technologie  
Technische Universität Wien  
Wiedner Hauptstraße 8-10  
A-1040 Wien

Datum/Ort der Probenahme: durch Hersteller

Lieferdatum des Probematerials: 04.12.2009

Inhalt des Auftrages: Abmessungen  
Rohdichte  
Wasseraufnahme, kurzzeitig  
Formbeständigkeit bei Temperatur und Feuchteeinwirkung  
Strömungswiderstand  
Wasserdampfdiffusion  
Wärmeleitfähigkeit nach EN 12664 bzw. EN 12667  
Hygroskopische Sorptionseigenschaften  
Materialkennwerte zur Umrechnung für die Feuchte  
Fraktilwert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{10, dry, 90/90}$   
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_{D(23/50)}$   
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ , nach ÖNORM

## 2.4.1 Beständigkeit gegen Schimmelpilze

Die Prüfung der Beständigkeit gegen Schimmelpilze gemäß ÖNORM B 6010 mit Bewertung nach EN ISO 846 wurde sowohl vom Österreichischen Institut für Bautechnik als auch vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik durchgeführt. Nach Ablauf der Prüfungen kam es bei allen Proben zu einem Pilzwachstum von 30 % bzw. 50 %, die Ergebnisse sind damit in die Wachstumsintensitätsstufe 3 einzuteilen.

Bei Strohballen kann es also wie bei allen organischen Baustoffen zu einer Bildung von Schimmelpilzen kommen, wodurch folgende Gefahren entstehen können:

- Zersetzung von organischen Materialien, was sich negativ auf die Bauwerksstruktur und deren Tragwerk auswirken kann;
- Freisetzung von toxischen Substanzen, welche einen negativen Einfluss auf die Gesundheit der BewohnerInnen eines mit Schimmelpilz befallenen Gebäudes haben kann.

Bei Stroh kommt es aber, wie bei anderen Materialien auch, nicht unbedingt auf die Klassifizierung an, sondern auf einen ordnungsgemäßen und fachgerechten Einbau der Strohballen in die Konstruktion, da es nur bei bestimmten Umgebungsbedingungen zu einem Wachstum von Schimmelpilzen kommt. Schimmelpilze können in einem Temperaturbereich zwischen 0 °C und 50 °C wachsen. Das entscheidende Kriterium ist jedoch die vorhandene Umgebungsfeuchte, wobei für jede Schimmelpilzart unterschiedliche optimale Feuchtigkeitsbedingungen herrschen. (Krick, 2008, S. 33f)

Eine Untersuchung am Fraunhofer-Institut für Bauphysik hat ergeben, dass in der Substratgruppe I (biologisch verwertbare Substrate wie z. B. Bauprodukte aus gut abbaubaren Rohstoffen) eine Sporenkeimung bei 30 °C ab einer relativen Luftfeuchte von 0,76 und ein Myzelwachstum bei einer relativen Luftfeuchte von 0,75 beginnt.

Durch dieses Ergebnis sei bei Strohballenkonstruktionen ein Schimmelpilzbefall ausgeschlossen, sofern die relative Luftfeuchte in der Konstruktion unter 0,75 bleibt. (Krick, 2008, S. 33f)

Weitere Forschungsergebnisse (Wimmer, Robert et al., 2001) sowie Langzeittests (Wimmer, Robert et al., 2006) zeigen, dass bei optimierten Konstruktionen von keiner Gefährdung durch Schimmelpilze auszugehen ist. Dies bestätigen auch Untersuchungen des Österreichischen Instituts für Baubiologie (IBO) am Beispiel von hinterlüfteten Strohballenwänden (siehe nachfolgende Tabelle).

Varianten hinterlüfteter Strohbaukonstruktionen	Schimmelbildung
Holzrahmenbauweise mit einer Strohdämmung: Montage einer außen befestigten Holzfaserplatte mit hinterlüfteter Holzschalung, einer innenseitig montierten OSB-Platte mit Installations-ebene und einem Raumabschluss mit einer Gipskartensplatte	kann bei einem fachgerechtem Einbau sicher ausgeschlossen werden
Sensitivitätsvariante Dampfdiffusionswiderstand Stroh: Dampfdiffusionswiderstand auf $\mu=1$ gesetzt	kann bei einem fachgerechtem Einbau sicher ausgeschlossen werden

Sensitivitätsvariante Dampfdiffusionswiderstand OSB-Platte: Dampfdiffusionswiderstand OSB-Platte reduziert	kann bei einem fachgerechtem Einbau sicher ausgeschlossen werden
Eine Holzrahmenbauweise mit einer außen befestigten Holzfaserverplatte mit hinterlüfteter Holzschalung ohne Installationsebene und einem Raumabschluss durch eine Gipsfaserplatte	kann bei einem fachgerechtem Einbau sicher ausgeschlossen werden

Tabelle 7: Unbedenkliche Konstruktionsvarianten in Bezug auf Schimmelbildungsgefahr (Fa. IBO GmbH, 2006)

### 2.4.2 Brandverhalten

Das Verfahren zur Bestimmung der Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung war bereits vor der Zertifizierung der S-HOUSE Ballen normgerecht nach der EN ISO 11925-2 (Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Teil 2: Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung) an Strohballen mit einer Rohdichte von 110 kg/m<sup>3</sup> von der MA 39 durchgeführt worden. Die Einteilung des Produktes erfolgte nach der EN 13501-1 (Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen) in die Brennbarkeitsklasse E, womit die Anforderung in Bezug auf das Brandverhalten für eine Zertifizierung grundsätzlich erfüllt ist.<sup>2</sup>

### 2.4.3 Bestimmung der Länge und Breite

Die Durchführung der Prüfungen erfolgte für die S-HOUSE Ballen mit einem Wärmedurchgang in Pressrichtung. Das bedeutet, dass in diesem Fall entsprechend dem Prüfbericht mit der Norm EN 822 die Breite und die Höhe des Dämmstoffes untersucht wurden.

Die Abmessungen der S-HOUSE Ballen sind, wie im Qualitätshandbuch beschrieben, variabel und können je nach Konstruktion den benötigten Maßen angepasst werden. Die Abweichungen der produzierten Formate sollten innerhalb der Toleranzgrenzen von ± 10 % liegen. Abhängig vom Format können die S-HOUSE Ballen folgende Abmessungen aufweisen:

- Breite: 30–130 cm
- Höhe: 35–120 cm

Die bei der Erstprüfung verwendeten Strohballen wiesen Abweichungen vom Mittelwert von max. 2,79 % für die Breite und max. 0,42 % für die Höhe auf.

### 2.4.4 Bestimmung der Dicke

Die Dicke des Dämmstoffes wurde entsprechend der Norm EN 823 geprüft. Aufgrund der Prüfrichtung des Dämmstoffes wird die Dicke im Prüfbericht als Länge bezeichnet. Die Länge des S-HOUSE Ballens ist wie die Breite und die Höhe abhängig vom Format und kann zwischen 35 und 80 cm betragen.

<sup>2</sup> Da laut Baubehörde der Dämmstoff auch im unteren Toleranzbereich, sprich bei einer Dichte von 100 kg/m<sup>3</sup>, auf sein Brandverhalten geprüft werden muss, wurde von der Baubehörde eine zusätzliche Überprüfung des S-HOUSE Ballens gefordert. Dieser Test wurde nach der ÖNORM EN ISO 11925-2:2002 durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen.

Die Prüfung zur Bestimmung der Länge des Dämmstoffes ergab Maximalabweichungen vom Mittelwert von 1,12 % für die bei der Erstprüfung verwendeten Strohballen.

#### 2.4.5 Bestimmung der Rohdichte

Die Rohdichte der S-HOUSE Ballen wurde gemäß der Norm EN 1602 aus den Abmessungen von Länge, Breite und Höhe sowie dem Gewicht bei einer Ausgleichsfeuchte von 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte bestimmt. Wie in der nachfolgenden Tabelle zu sehen ist, liegen die Werte für die Rohdichte über dem Wert der geforderten Mindestdichte von 100 kg/m<sup>3</sup>.

Probe	1	2	3
Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	104	100	119

Tabelle 8: Messwerte für die Rohdichte

#### 2.4.6 Dimensionsstabilität

Die Bestimmung der Verformung wurde gemäß der Norm EN 1604 durchgeführt. Nach Beanspruchung der Proben mit einer Rohdichte von 100 kg/m<sup>3</sup> (siehe Abbildung 10) in einem Klima von 70 °C und 50 % rel. Luftfeuchte über einen Zeitraum von 48 Stunden wurde eine Verformung der Dicke festgestellt, deren Mittelwert + 2,58 % beträgt (siehe Tabelle 9).



Abbildung 10: Probekörper für die Bestimmung der Dimensionsstabilität

Probe	1	2	3	Mittelwert
mittl. Dicke vorher [mm]	93,96	97,94	96,71	<b>96,20</b>
mittl. Dicke nachher [mm]	96,33	99,82	99,90	<b>98,68</b>
$\Delta d$ [%]	2,52	1,92	3,30	<b>2,58</b>

Tabelle 9: Messergebnisse der Verformung

#### 2.4.7 Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen

Die Durchführung der Prüfung zur Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen erfolgte gemäß der Norm EN 1609 nach dem Abtropfverfahren. Dafür wurde der Dämmstoff in einen Gitterkäfig (siehe Abbildung 11) eingebracht. Der Mittelwert der kurzzeitigen Wasseraufnahme von vier untersuchten Proben beträgt 5,76 kg/m<sup>2</sup> nach einer Prüfzeit von 24 Stunden. Die Messwerte der einzelnen Prüfmuster sind in Tabelle 10 dargestellt.



Abbildung 11: Probekörper für die Bestimmung der Wasseraufnahme

Probe	1	2	3	4	Mittelwert
Wasseraufnahme [kg/m <sup>2</sup> ]	5,21	5,72	6,83	5,27	5,76

Tabelle 10: Messwerte der kurzzeitigen teilweisen Wasseraufnahme

#### 2.4.8 Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes

Die Messung der Wärmeleitfähigkeit wurde entsprechend der Norm EN 12664 bzw. der Norm EN 12667 durchgeführt. Während der Prüfung waren die Proben mit einer PE-Folie umhüllt. Für die Messung wurde ein Einplattengerät mit nach unten ausgerichteter Warmseite und beheizten Seitenwänden verwendet. Die Messung der feuchten Proben wurde mit einer Temperaturdifferenz mit einem Temperaturgradienten  $\leq 1$  K/cm durchgeführt, um eine Feuchtwanderung im Dämmstoff zu vermeiden. Für die Messungen im trockenen Zustand wurden die Proben bei 70 °C getrocknet. Die Einstellung der konditionierten Proben erfolgte im entsprechenden Klima bis zum Erreichen der Massekonstanz.

Die Messwerte für die Wärmeleitfähigkeit der Proben im feuchten und im trockenen Zustand sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Probe	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Trockn./Kond.	Messwert Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10, g}$ [W/mK]	Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10, dry}$ [W/mK]
1	101	70 °C	0,04246	0,0424
2	101	70 °C	0,04157	0,0415
3	100	70 °C	0,04319	0,0431
4	101	70 °C	0,04087	0,0408
5	101	70 °C	0,04210	0,0420
6	101	70 °C	0,04135	0,0413
7	100	70 °C	0,04218	0,0421
8	101	70 °C	0,04255	0,0425
9	101	23/50	0,04381	-
10	101	23/50	0,04214	-
11	101	23/50	0,04698	-
12	101	23/50	0,04472	-

Tabelle 11: Messwerte Wärmeleitfähigkeit



Mit den Messwerten der Wärmeleitfähigkeit und den Berechnungsergebnissen der hygrothermischen Kenngrößen (siehe unten) lässt sich der Fraktiwert der Wärmeleitfähigkeit berechnen und mit diesem der Nennwert und der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit.



Abbildung 12: Probekörper für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit

Wärmeleitfähigkeit	Berechnungsergebnisse
Fraktiwert $\lambda_{10, \text{dry}, 90/90}$ [W/mK]	0,0436
Nennwert $\lambda_{D(23, 50)}$ [W/mK]	0,046
Bemessungswert $\lambda_r$ [W/mK]	0,049

Tabelle 12: Berechnungsergebnisse für die Wärmeleitfähigkeit

#### 2.4.9 Hygroskopische Sorptionseigenschaften

Die Ermittlung der massebezogenen Feuchtegehalte erfolgte gemäß der Norm EN ISO bei Adsorption im Klimakammerverfahren.

Für sämtliche Dämmstoffe aus organischen Naturfasern, also auch für Baustrohballen, müssen wegen des ausgeprägten Sorptionsverhaltens für Wasserdampf die Feuchteumrechnungsfaktoren ermittelt werden.

Die Proben wurden zunächst rückgetrocknet und dann bis zur Einstellung des Feuchtegleichgewichts in ein Klima von 23 °C mit 50 % rel. Luftfeuchte und in ein Klima von 23 °C mit 80 % rel. Luftfeuchte eingebracht.

Die gemessenen Werte und die Messwerte der Wärmeleitfähigkeit dienen als Grundlage zur Berechnung der hygrothermischen Kenngrößen (siehe nachfolgende Tabelle).

Hygrothermische Kenngrößen	Berechnungsergebnisse
massebezogener Feuchtegehalt $u_{23, 50}$ [kg/kg]	0,8066
massebezogener Feuchtegehalt $u_{23, 80}$ [kg/kg]	0,164
Feuchteumrechnungskoeffizient $_{\text{dry} - 23, 50}$ [kg/kg]	0,48
Feuchteumrechnungskoeffizient $_{23, 50 - 23, 80}$ [kg/kg]	0,836
Feuchteumrechnungskoeffizient $_{\text{dry} - 23, 80}$ [kg/kg]	0,648
Feuchteumrechnungsfaktor $_{\text{dry} - 23, 50}$ [-]	1,042
Feuchteumrechnungsfaktor $_{23, 50 - 23, 80}$ [-]	1,067
Feuchteumrechnungsfaktor $_{\text{dry} - 23, 80}$ [-]	1,112

Tabelle 13: Berechnungsergebnisse der hygrothermischen Kenngrößen

#### 2.4.10 Bestimmung des Strömungswiderstandes

Die Ermittlung des Strömungswiderstandes erfolgte gemäß der Norm EN 29053 nach dem Luftgleichstromverfahren.

Über die Messung der Differenzdrücke und der Volumenströme bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten kann durch Extrapolation der spezifische Strömungswiderstand  $R_S$  berechnet werden und aus diesem unter Einbeziehung der Probendicke der längenbezogene Strömungswiderstand  $r$ .

Bei einer Rohdichte von  $100 \text{ kg/m}^3$  beträgt der mittlere längenbezogene Strömungswiderstand  $r$   $2,0 \text{ kPa s/m}^2$  bei einer linearen Strömungsgeschwindigkeit von  $u = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .



Abbildung 13: Probekörper für die Bestimmung des Strömungswiderstandes

Probe	Dicke [mm]	Spezifischer Strömungswiderstand $R_S$ [Pa*s/m]	Längenbezogener Strömungswiderstand $r$ [kPa*s/m <sup>2</sup> ]
1	300	620	2,07
2	300	682	2,27
3	300	662	2,21
4	300	578	1,93
5	300	578	1,93
6	300	599	2,00
7	300	496	1,65
8	300	558	1,86
9	300	579	1,93
<b>Mittelwert</b>	<b>300</b>	<b>595</b>	<b>1,98</b>

Tabelle 14: Messwerte der Strömungswiderstände

#### 2.4.11 Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Wasserdampfdurchlässigkeit der Baustrohballen bei einer Rohdichte von  $100 \text{ kg/m}^3$  wurde entsprechend den Anforderungen in der Norm EN 12086 ermittelt. Die Durchführung der Prüfung erfolgte im Normalklima bei  $23 \text{ °C}$  und  $50 \text{ %}$  rel. Luftfeuchte mit der Verwendung einer gesättigten Salzlösung, durch welche sich bei  $23 \text{ °C}$  über der Lösung eine relative Luftfeuchte von  $94 \text{ %}$  einstellt. Aufgrund der Wasserdampfdruckdifferenz zwischen Prüfgefäß und Prüfklima kommt es zu einem Wasserdampfstrom durch den Probekörper. Durch regel-

mäßiges Abwiegen der Prüfanordnung kann die Wasserdampf-Diffusionsstromdichte beim Erreichen des stationären Zustandes bestimmt werden.

Für die geprüften Proben mit einer Rohdichte von  $100 \text{ kg/m}^3$  wurde eine mittlere Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl von  $\mu = 4,4$  ermittelt.

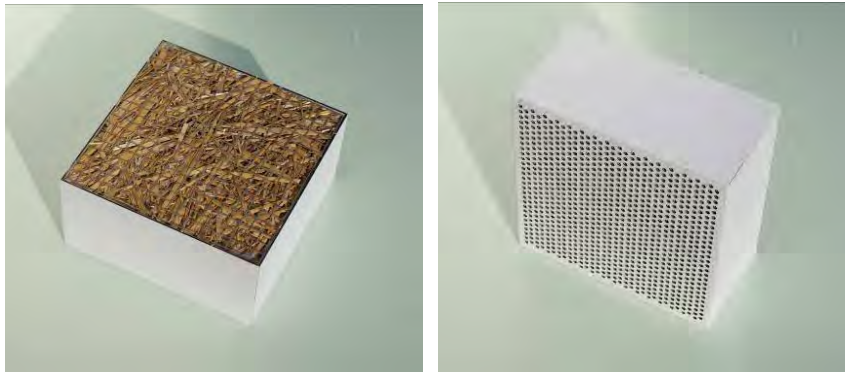


Abbildung 14: Probekörper für die Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit

Probe	Diffusionsstrom G [mg/h]	Diffusionswiderstandszahl $\mu$ [-]
1	69,05	4,9
2	78,62	4,3
3	85,85	3,9
<b>Mittelwert</b>	<b>77,84</b>	<b>4,4</b>

Tabelle 15: Messwerte Diffusionswiderstände

## 2.5 Österreichische Technische Zulassung (ÖTZ) für Dämmstrohbällen

Der Ablauf des Zulassungsverfahrens wurde mit dem Vertreter der Baubehörde und dem Prüfinstitut abgestimmt. Die zuständige Baubehörde hat im Rahmen des Projekts alle erforderlichen Unterlagen und Prüfergebnisse für die Erlangung der ÖTZ für den Dämmstoff Strohbällen (Produktbezeichnung: S-HOUSE Ballen) erhalten und bestätigt.

Nach dem abschließenden formalen Schritt – der Begutachtung und Genehmigung durch die Landesbaubehörden (vgl. Kapitel 2.3.2) – ist ab Ende September 2010 die ÖTZ für S-HOUSE Ballen erteilt.

## 3 Logistik

Neben den Aufgaben der Zertifizierung besteht für eine effiziente Nutzung von Stroh als Dämmstoff vor allem auch die organisatorische Herausforderung, den saisonalen Rohstoff Getreidestroh als hochwertigen Dämmstoff ganzjährig in gleicher Qualität und ausreichender Quantität für die Baubranche verfügbar zu machen. Dass dafür genügend Potenzial besteht, wird in einer Analyse von Angebot und Nachfrage deutlich. Dazu sind zunächst auf der einen Seite die günstigsten Anbaugelände und die Verfügbarkeit von Stroh zu eruiieren, andererseits zeigt eine Analyse des Dämmstoffmarkts und strohverwertender Unternehmen, wie der Rohstoff derzeit genutzt und verwertet wird, welche Kapazitäten für Lagerung und Transport bestehen und wo hier Synergien mit der Dämmstoffproduktion möglich sind (Kap. 3.1).

Vertreter strohverwertender Unternehmen sowie weitere Experten aus den Bereichen Produktion, Logistik, Handel, Marketing, Anwendung sowie Forschung und Entwicklung bilden das „Team Strohlogistik“, das eigens für dieses Projekt gegründet wurde (Kap. 3.2) und bei der Entwicklung von Logistikszenerarien seine Praxiserfahrungen einbrachte. Als Logistikszenerarien wurden drei Möglichkeiten genauer analysiert und weiterentwickelt: dezentrale und zentrale Produktion von Strohballen sowie dezentrale Produktion mit Zwischenlagerung (Kap. 3.3). In mehreren Testläufen wurden die logistischen Szenarien auch in der Praxis überprüft (Kap. 3.4). Aufbauend auf diesen Testläufen und einem Vergleich der drei Szenarien konnte schließlich ein Logistikkonzept erstellt werden (Kap. 3.5).

### 3.1 Potenzial der Strohverwertung

#### 3.1.1 Anbaugelände und Rohstoffverfügbarkeit

Im Jahr 2009 (Stand September 2009) wurden in Österreich auf einer Anbaufläche von 803.542 ha rund 4,8 Mio. t Getreide geerntet. Wenn man von dieser Fläche 178.502 ha für Körnermais abzieht, erhält man eine Anbaufläche von 625.039 ha, auf der insgesamt 2.936.292 t Getreide bzw. 1.795.912 t Getreidestroh geerntet wurden. (*Statistik Austria, 2009*)

Die Getreidestrohernte in Österreich über den Zeitraum von 1995 bis 2009 ist in Abbildung 15 dargestellt. Insgesamt schwankte der Strohertrag in Österreich in diesem Zeitraum zwischen 1,54 (2003) und 2,37 (1995) Mio. t pro Jahr. Dies entspricht einer Abweichung vom Mittelwert von +20 % bis -22 %. Bei einer durchschnittlichen Anbaufläche von rund 624.000 ha betragen die Schwankungen +7 % bis -5 %. Die durchschnittlichen Stroherträge pro Hektar lagen in diesem Zeitraum zwischen 2,53 und 3,73 t/ha.

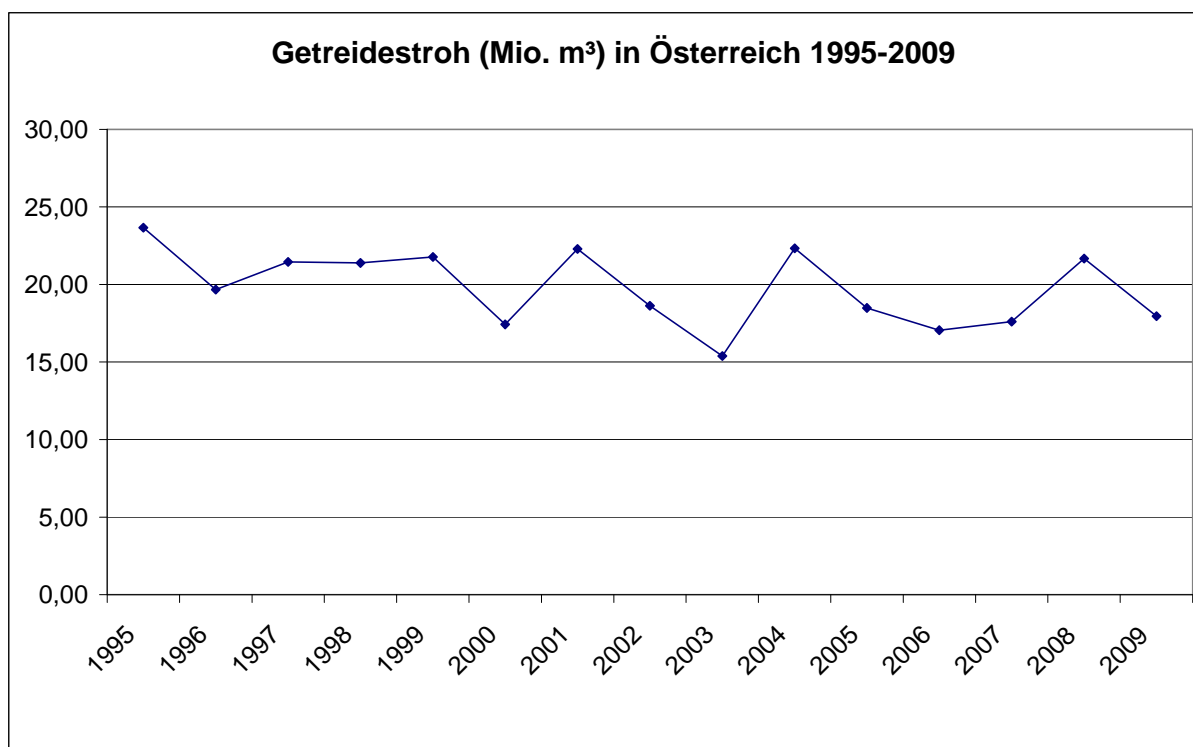


Abbildung 15: Getreidestrohernte in Österreich (eigene Darstellung; Datenquelle: Statistik Austria, 2009)

Analysiert man die 625.039 ha Getreide-Anbaufläche ohne Körnermais näher, so stellen sich die Kulturen Weizen, gefolgt von Gerste, als die am meisten verbreiteten dar (gemeinsam rund 80 %). Diese Kulturarten sind daher die überwiegende Rohstoffquelle für die Produktion von Dämmstrohbällen.

Die größten Anbauggebiete von Weizen und Gerste sind die Bundesländer Niederösterreich, Oberösterreich und das Burgenland. Allein in diesen drei Bundesländern befinden sich rund 94 % der Weizen- und Gersteanbaufläche in Österreich (Stand 2009), wie in der folgenden Tabelle zu sehen ist.

	Weizen <sup>1</sup> [ha]	Gerste <sup>2</sup> [ha]
<b>Niederösterreich</b>	195.776	106.132
<b>Oberösterreich</b>	52.408	43.876
<b>Burgenland</b>	49.409	13.627
<b>Österreich gesamt</b>	309.034	181.525

<sup>1</sup> Sommer- und Winter-Weichweizen, Hartweizen (Durum), Dinkel

<sup>2</sup> Winter- und Sommergerste

Tabelle 16: Anbauflächen Weizen und Gerste (Quelle: Statistik Austria, 2009)

Zur exemplarischen Veranschaulichung der Verteilung des Anbaugbiets von Weizen und Gerste dient Abbildung 16. Hier sind die Anbauggebiete von Weichweizen in roten Punkten dargestellt. Je größer der Punkt, desto größer ist die Anbaufläche.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Sommergerste wird vorwiegend in den östlichen Bundesländern (NÖ, BGLD) und Wintergerste in Oberösterreich angebaut.

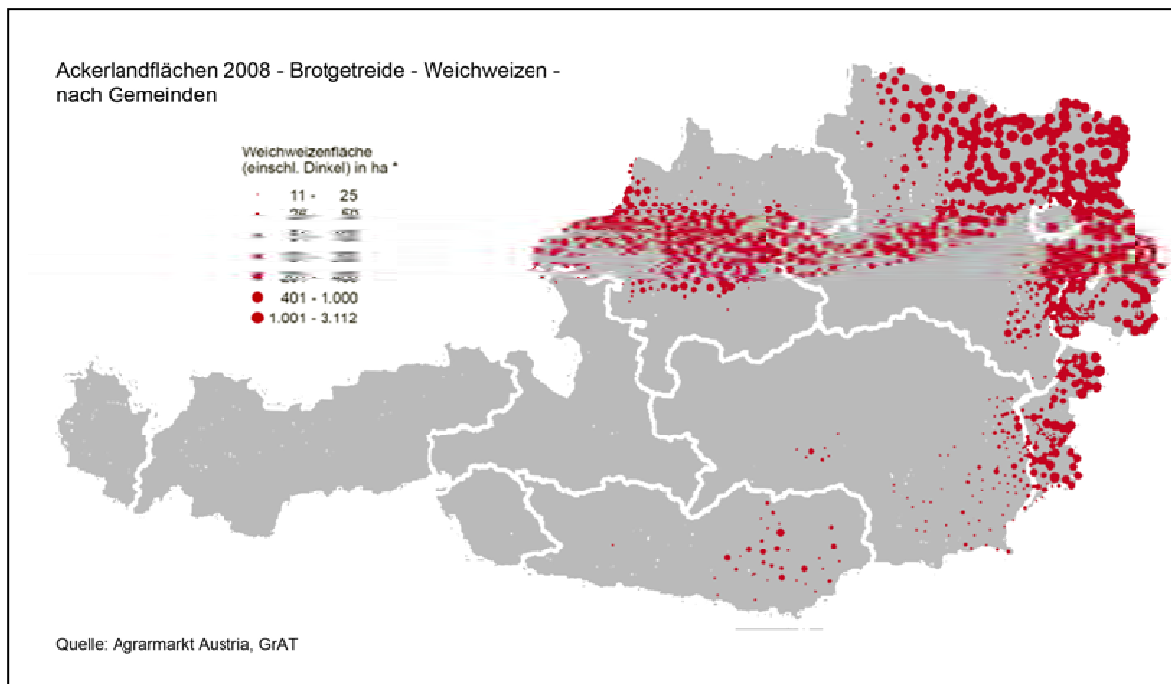


Abbildung 16: Ackerlandflächen für Weichweizen 2008 (Datenquelle: Statistik Austria, 2008; Darstellung bearbeitet)

Fügt man die Daten für den sommerlichen Niederschlag und die Anbauflächen für Weichweizen zusammen, so ist gut zu erkennen, dass diese Flächen vor allem in Gebieten mit niedrigen Niederschlägen liegen. In diesen Gebieten ist auch die beste Strohqualität (geringe Strohfeuchte und geringer Pilzsporenanteil) zu erwarten.

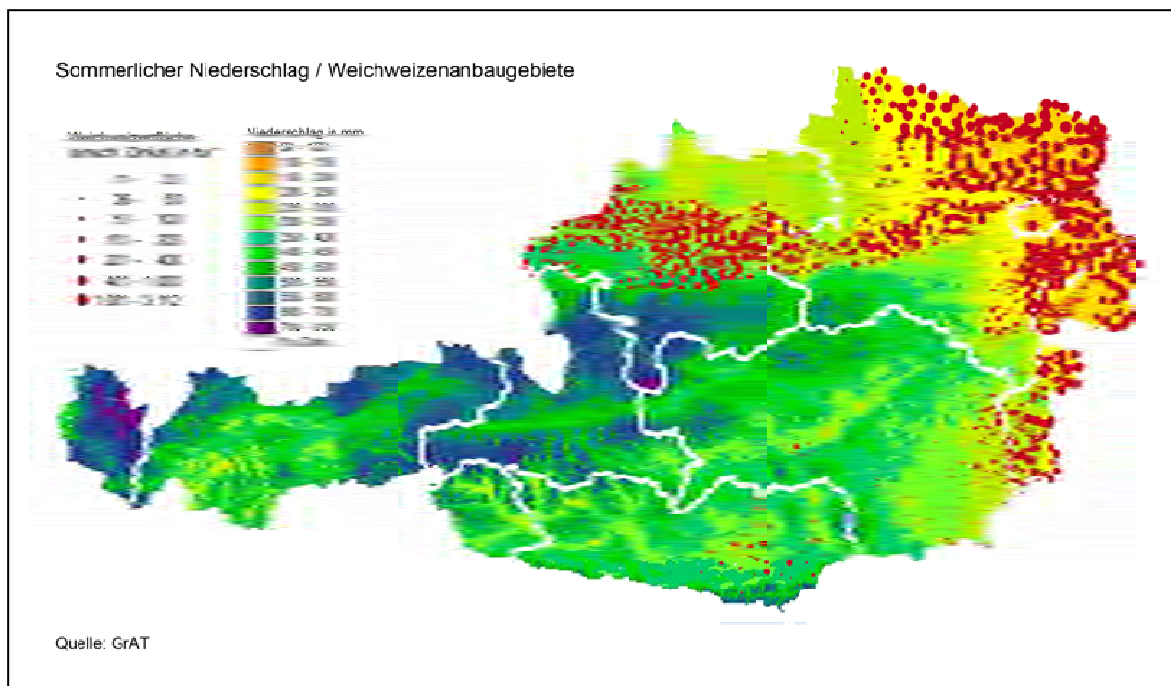


Abbildung 17: Sommerlicher Niederschlag (Datenquelle: Statistik Austria, 2008)

### 3.1.2 Dämmstoffmarkt

Der Absatz von Dämmstoffen in Österreich steigt nach wie vor und erreichte im Jahr 2009 rund 6,2 Mio m<sup>3</sup> (Affenzeller, 2010). Durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen (Stichwort Energieausweis) und die Sensibilisierung der Bevölkerung hinsichtlich Einsparmaßnahmen durch die thermische Sanierung von Gebäuden ist auch mit einem weiteren Anstieg der Nachfrage zu rechnen. Geht man von der Prämisse aus, dass nur 20 % des in Österreich verfügbaren Stroh (entspricht rund 360.000 t im Jahr 2009, s. o.) zu Dämmstrohbällen (mit einer Dichte von 110 kg/m<sup>3</sup>) verarbeitet werden, so würden etwa 3,3 Mio. m<sup>3</sup> Dämmstoff aus Stroh zur Verfügung stehen. Damit könnte man rund 55 % des in Österreich bestehenden Dämmstoffbedarfs mit dem regionalen nachwachsenden Rohstoff Stroh decken.

Derzeit werden hauptsächlich Dämmstoffe auf fossiler oder mineralischer Rohstoffbasis verwendet. Trotz der hohen Nachfrage steigen aber die Preise für diese Dämmstoffe an, da die notwendigen Rohstoffe, wie z. B. Erdöl, zunehmend teurer werden. Im Vergleich dazu bleiben die Preise für Strohbälle stabil auf niedrigem Niveau (vgl. Abbildung 18).

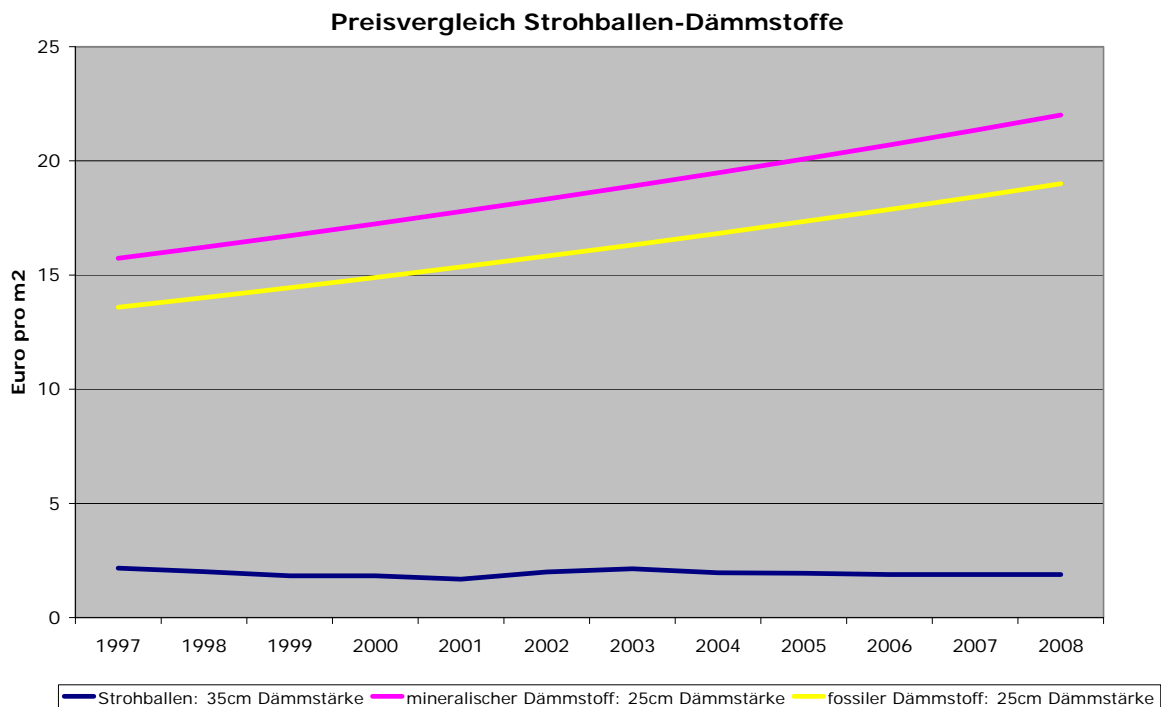


Abbildung 18: Preisentwicklung bei konventionellen Dämmstoffen und Strohbällen 1997–2008

Strohbälle können aufgrund dieser Preisentwicklung auch für die nächste Zukunft einen wertvollen Beitrag zur flächendeckenden Energieeinsparung durch erschwingliche Wärmedämmung leisten. Um eine möglichst starke Verbreitung zu fördern, sollten die vorhandenen Kapazitäten für Lagerung und Transport der Strohbälle berücksichtigt und so effizient wie möglich ausgeschöpft werden.

### 3.1.3 Lagerungs- und Transportkapazitäten

Die Frage der Lagerkapazität spielt eine wesentliche Rolle, da die Rohstoffgewinnung, sprich Getreidestrohernte, nur einmal im Jahr möglich ist. Die Nachfrage nach diesem saisonalen



Rohstoff bzw. nach den Dämmstrohbällen ist aber über das gesamte Jahr abzudecken. Neben dem quantitativen Kriterium der ganzjährigen Verfügbarkeit gilt es auch die qualitative Anforderung einer trockenen Lagerung zu erfüllen (siehe auch Kap. 4 zum Qualitätsmanagement).

Grundsätzlich bieten die landwirtschaftlichen Strukturen – viele Betriebe mit Lagerkapazitäten – Vorteile für die dezentrale Herstellung und Lagerung des Dämmstoffs Strohbällen. Neben dem notwendigen Know-how verfügen die Betriebe auch über Maschinen und Geräte für die Manipulation des Dämmstoffs. Für die Etablierung als Massenprodukt muss der Transport zum Kunden aber mit professionellen Logistikunternehmen durchgeführt werden.

Zur Veranschaulichung der notwendigen Kapazitäten für Lagerung und Transport wurden verschiedene Szenarien berechnet und die Ergebnisse tabellarisch und graphisch dargestellt.

### Szenario 1: Einzelfall

Unter dem Begriff Einzelfall wird die derzeitige Strohbaupraxis beschrieben. Auch wenn heute schon eine zweistellige Zahl an Strohhäusern pro Jahr errichtet wird, so werden die Strohbälle noch immer auf Anfrage von einem Landwirt in der Umgebung der Baustelle produziert. Und die Qualitätskontrolle und Logistik erfolgen entweder durch den Bauherrn oder den Architekten. Die notwendige Menge an Strohbällen beträgt für ein durchschnittliches Einfamilienhaus zwischen 15 und 20 t. Das entspricht bei der geforderten Dichte von  $110 \text{ kg/m}^3$  einem Volumen von durchschnittlich  $160 \text{ m}^3$  Strohbällen. Das durchschnittliche Lagervolumen eines Landwirtes liegt bei einem Vielfachen dessen und ist somit ausreichend. Für den Transport werden derzeit vor allem landwirtschaftliche Geräte und Maschinen verwendet. Die Berechnung hier erfolgt aber unter der Annahme von LKW-Transporten. Diese belaufen sich auf zwei Transporte mit einem LKW-Zug (= LKW + Anhänger) vom Lager zur Baustelle.



Abbildung 19: Szenario Einzelfall

Die obige Abbildung zeigt die Prozesskette zwischen Produzent (Lager), Logistiker (Transport) und Kunden (Haus). Für alle Beteiligten ist die Durchführung des Vorhabens mit Zusatzaufwand verbunden, da entsprechende Produktions- und Vertriebsstrukturen fehlen. Lager- und Transportkapazitäten und logistische Herausforderung sind aber gering und daher relativ einfach zu lösen.

### Szenario 2: 100 Einfamilienhäuser

Dieses Szenario wird kurzfristig erreicht werden, da die Anzahl der Strohbällenhäuser in Österreich in den letzten Jahren exponentiell angestiegen ist und dieser Trend durch die Zertifizierung als Dämmstoff noch weiter zunehmen wird.



Bei der Annahme von 100 Einfamilienhäusern pro Jahr sind 16.000 m<sup>3</sup> Strohballen zu produzieren und zu lagern. Zusätzlich zum Lagerbedarf müssen noch die Schwankungen bei den Stroherträgen mit berücksichtigt werden. Daher wird ein 20-prozentiger Sicherheitszuschlag addiert, was 19.200 m<sup>3</sup> ergibt.

Dieses Volumen übersteigt die vorhandenen Lagerkapazitäten von einzelnen Landwirten bei weitem. Notwendig wird daher entweder die Aufteilung auf mehrere Landwirte, die Errichtung eines zentralen Lagers oder eine Kombination aus beidem.

Was den Transport betrifft, muss wie im Szenario 1 die Anzahl der Häuser nur mit dem Faktor zwei multipliziert werden; für die 100 Häuser werden daher 200 LKW-Transporte benötigt.

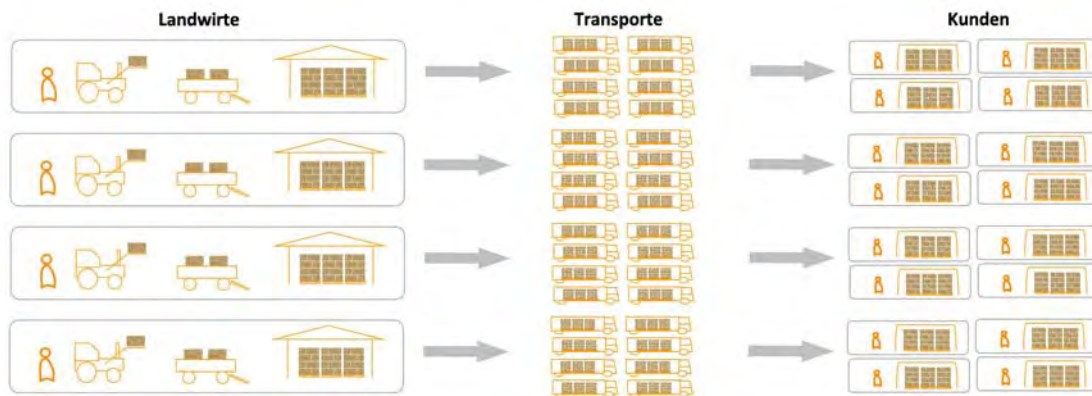


Abbildung 20: Szenario 100 Einfamilienhäuser

Die Prozesskette von der Herstellung bis zum Kunden in der Abbildung zeigt wesentlich mehr Akteure und eine damit verbundene höhere logistische Herausforderung. Die Lagerkapazitäten müssen so ausgelegt werden, dass sie auf die Bauzeitpläne der Kunden abgestimmt sind. Die Lieferungen müssen zum Zeitpunkt des Dämmstoffeinbaus erfolgen, der je Projekt unterschiedlich ist. Eine weitere Herausforderung ist der Vertrieb, der eine hohe Zahl an Kunden betreuen und gleichzeitig auch die Verfügbarkeit des Dämmstoffs garantieren muss.

### Szenario 3: 10 % Fertigteilhäuser mit Strohballendämmung

Ein mittelfristig mögliches Szenario zeigt, wie sich der erfolgreiche Markteintritt der Strohballendämmung im Fertigteilhaussektor auswirkt. Wenn man davon ausgeht, dass etwa jedes dritte in Österreich neu gebaute Einfamilienhaus ein Fertigteilhaus ist<sup>4</sup> und die Strohballendämmung einen zehnpromzentigen Marktanteil bei den Fertigteilhäusern erreicht, ergibt dies 402 strohballengedämmte Häuser pro Jahr. Pro Haus sind durchschnittlich 17,5 t bzw. 160 m<sup>3</sup> Strohballen erforderlich. Daraus resultiert ein Lagervolumen von fast 64.000 m<sup>3</sup> bzw. 76.800 m<sup>3</sup> inkl. 20-prozentigen Sicherheitszuschlags zum Ausgleich eventueller witterungsbedingter Ertragseinbußen bei der Getreidestrohernte.

Die Dämmstrohballen werden in diesem Szenario ebenfalls bei Landwirten dezentral gelagert. Bei einem angenommenen Lagervolumen von 5.000 m<sup>3</sup> pro Produzent bedarf es mindestens 16 Produzenten. Eine geringere Zahl an Herstellern benötigt entsprechend höhere

<sup>4</sup> Steinkellner, 2010.

Produktionsmengen und höhere Lagerkapazitäten. Lagerraum ist auch bei den verarbeitenden Fertigteilhausfirmen in der für die laufende Produktion erforderlichen Menge notwendig. Der Transport erfolgt wiederum mit LKWs. Die Belieferung der Fertigteilhausfirmen kann im Vergleich zur Anlieferung an eine Baustelle optimiert werden, was eine reduzierte Anzahl an LKW-Fahrten pro Haus ergibt. Das gesamte jährliche Dämmstoffvolumen für Szenario 3 kann daher mit ca. 640 LKW-Fahrten transportiert werden.

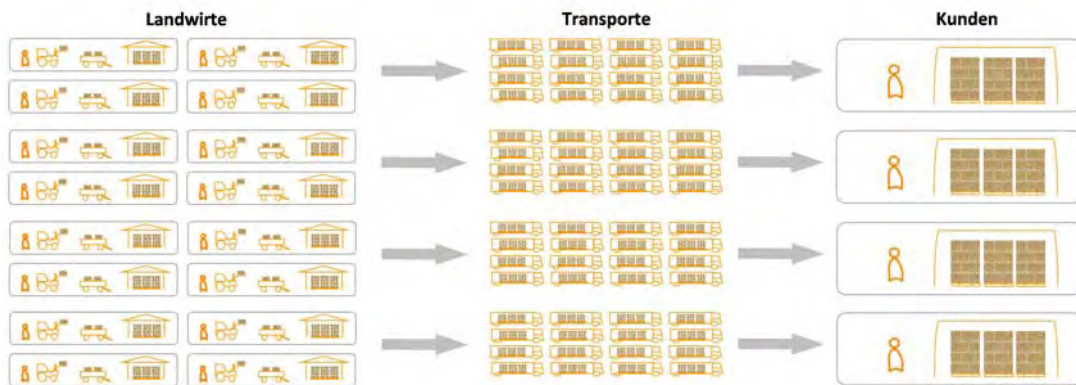


Abbildung 21: Szenario 10 % Fertigteilhausanteil

Die grafische Darstellung der Lieferkette vom Produzent zum Kunden zeigt die hohe Anzahl an Produzenten und die im Vergleich zu Szenario 2 geringere Anzahl an Kunden (in diesem Fall Fertigteilhaushersteller). Das Logistikunternehmen kann einen großen Teil der Aufgaben übernehmen, und die Prozesse können gut automatisiert werden (z. B. Lagerhaltung des Fertigteilhausherstellers, Bestellung bei Produzenten, Disposition, Lieferung). Voraussetzungen sind eine professionelle Vertriebsstruktur und ausreichende Produktionskapazitäten.

### Zusammenfassung

In der folgenden Tabelle sind die drei Szenarien noch einmal zum Vergleich zusammengefasst.

Szenario	Anzahl Häuser mit Strohdämmung	Dämmstoffvolumen = Lagervolumen	Transporte = LKW-Fahrten	Anmerkung
<b>Einzelfall</b>	1	160 m <sup>3</sup>	2	Derzeitige Situation
<b>100 Einfamilienhäuser</b>	100	19.200 m <sup>3</sup>	200	Kurzfristig erreichbares Szenario, mehrere Produzenten inkl. Lagerung, Transporte mittels Logistikunternehmen
<b>10 % Fertigteilhauser</b>	402	76.800 m <sup>3</sup>	640	Mittelfristig erreichbares Szenario, professionelle Produktions- und Vertriebsstrukturen erforderlich

Tabelle 17: Ergebnisse der Berechnung von Lager- und Transportkapazitäten verschiedener Szenarien

Um die Verfügbarkeit des Dämmstoffes für die beschriebenen Szenarien 2 und 3 sicherzustellen, ist der Aufbau einer Produktion und Lagerung an mehreren Standorten notwendig.

Die Nutzung bestehender landwirtschaftlicher Strukturen (vorhandener Strohlager, Maschinen und Geräte) wird in der Anfangsphase sinnvoll sein. Im Szenario 3, „10 % Fertigteilhäuser“, wird dies aber nicht mehr ausreichen und es wird die Errichtung zusätzlicher Strohlager erforderlich sein.

Die Transportkapazitäten können jeweils an die Anforderungen angepasst werden und stellen keinen limitierenden Faktor dar.

### **3.1.4 Beispiele strohverwertender Unternehmen**

Die Analyse strohverwertender Unternehmen gibt darüber Aufschluss, wie die Nutzung des Rohstoffs derzeit logistisch organisiert ist; daraus lassen sich auch Schlussfolgerungen für eine Logistik der Dämmstoffproduktion ziehen.

Die drei größten Unternehmen in Österreich, die Stroh zur stofflichen und thermischen Verwertung aufbereiten, verarbeiten jeweils zwischen ca. 4.000 und 15.000 Tonnen jährlich. Das Stroh selbst stammt durchwegs von regionalen Landwirten aus der jeweiligen Umgebung, Abnahme- und Lieferregelungen sind je nach Anwendungsfall unterschiedlich.

#### **FEX ÖKO-Faserverarbeitungs-GmbH**

Die FEX GmbH, spezialisiert auf Herstellung und Vertrieb von Strohprodukten, wurde im Jahr 1997 gegründet und ging nach der Adaptierung eines bestehenden Betriebsgeländes 1998 in Produktion. Mitte 2000 wurde daraus die FEX ÖKO-Faserverarbeitungs-GmbH, die 2002 in die Magna Entertainment Corp. eingegliedert wurde.

Mit ca. 50 Landwirten aus der Region bestehen langfristige Liefervereinbarungen, wodurch eine ständige Verfügbarkeit des Rohstoffs Stroh gewährleistet ist. Ungefähr 800 t Stroh werden zum Erntezeitpunkt in das Lager übernommen, die restlichen Mengen werden von den Lieferanten selbst in Hallen untergebracht und in drei Lieferperioden nach Abruf angeliefert.

Die Qualitätskontrolle erfolgt zum Zeitpunkt der Übernahme durch das Produktionswerk. Das Getreidestroh hat insbesondere trocken (maximal 15 % Wassergehalt), lagerstabil, von heller, gelber Farbe und frei von Pilzen und anderen Verunreinigungen zu sein. Ausschließlich Quaderballen mit bestimmten Höchst- und Mindestabmessungen werden verarbeitet. Die Feuchtigkeitskontrolle erfolgt mittels einer Sonde und die Feststellung der optischen Mängel durch eine Sichtkontrolle. Bei Minderqualitäten wird die Lieferung teilweise oder gänzlich zurückgewiesen.

Die Produktion erfolgt zentral und beginnt mit dem Aussondern von Steinen, Metallteilen und anderen selbst kleinsten Fremdkörpern, die sich im Stroh befinden können. Nach einer mehrstufigen Zerkleinerung werden die Strohspäne mittels Temperatur und Druck mechanisch derart aufgeschlossen, dass sie ein Vielfaches an Saugfähigkeit erreichen. Durch Prozesstemperaturen von über 90° C werden Bakterien, Hefen und Schimmelpilze, die sich üblicherweise in unbehandeltem Stroh befinden, bis an die Grenze der Nachweisbarkeit reduziert. Das so erzeugte Strohgranulat wird abgekühlt, in Silos zwischengelagert und dem Kunden in Säcken, Big Bags oder lose geliefert. Das Produkt kommt hauptsächlich als hochwertige Einstreu für die Pferdehaltung zum Einsatz.

## Heizwerk Lasee

Das Heizwerk Lasee ist die größte österreichische thermische Strohverwertungsanlage. Die Anlage wurde im Jahr 1992 nach einem dänischen Vorbild gebaut. Sie kann sowohl mit Stroh als auch mit Öl betrieben werden, wobei der Betrieb mit Öl eigentlich nur zum Anfahren und bei Störfällen verwendet wird. Zurzeit wird Stroh in Form von großen Quaderballen verwendet.

In der Anlage werden jedes Jahr bis zu ca. 5.000 t Stroh verbrannt. Dieses Stroh wird ausschließlich aus der näheren Umgebung von Lasee bezogen. Der Radius der Anlieferungsentfernung beträgt dabei laut Angaben der Betreiber ungefähr 30 km. Im Gegensatz zur FEX ÖKO-GmbH ist die Versorgung des Heizwerks Lasee genossenschaftlich organisiert. Die Landwirte, welche das Biomasseheizwerk mit Stroh beliefern, sind zum Großteil Mitglieder dieser Genossenschaft. Alle Landwirte werden nach dem gleichen Abnahme-Modell behandelt und auch bezahlt.

Vor Beginn der Erntesaison treffen sich alle Beteiligten zu einer Kontingent-Versammlung, auf der vereinbart wird, welche Mengen an Stroh jeder einzelne Landwirt liefern kann bzw. liefern darf. Zur Einhaltung dieser Vereinbarung ist der Landwirt dann vertraglich verpflichtet. Zum Zeitpunkt der Strohernte informieren die Landwirte den Ballenproduzenten, welcher mit seiner eigenen Ballenpresse die Strohballen in den vom Heizwerkbetreiber gewünschten Dimensionen produziert. Verwendet werden dafür eine modifizierte Strohpresse und eine Zugmaschine der Firma NewHolland/Hesston. Letztere wird jedes Jahr für die Dauer der Ernte geleast. Die benötigte Strohmenge wird in der Regel innerhalb von 22 bis 25 Presstagen produziert. Die Quaderballen mit den Maßen 2,5 m x 1,25 m x 1,25 m und einem Gewicht von 480 bis 500 kg werden vom Strohballenproduzenten dann auf dem Feld zurückgelassen und anschließend von den Landwirten aufgesammelt.

Die Lagerung der Strohballen erfolgt zu 40 % im Zentrallager beim Heizwerk und zu 60 % bei den Landwirten selbst. Je nach Bedarf werden von den Landwirten Strohballen in das Zentrallager nachgeliefert, sollten Engpässe entstanden sein.



Abbildung 22: Heizwerk Lasee; links: Lagerung von Stroh-Großballen; rechts: Zuführeinheit des Heizwerks: Die Bestückung erfolgt mithilfe eines Krans

Die Verträge mit den Landwirten laufen in der Regel über mehrere Jahre, die Abrechnung erfolgt jährlich. Die Lagerung der Strohballen erfolgt unter Dach, wodurch sichergestellt wird, dass die zulässige Feuchtigkeit für eine thermische Verwertung nicht überschritten wird. Stichprobenartig wird mit einem Lanzenmessgerät die Ballenfeuchtigkeit überprüft. Weil der

Ballenproduzent alle Strohballen mit derselben Ballenpresse presst, sind Abmaße und Dichte aller Ballen einheitlich, wodurch ein einfaches Brennstoffhandling erzielt wird.

### **Betrieb Mann**

Die Familie Mann aus der Region Seewinkel gehört zu den größten Strohverarbeitern in Österreich und produziert Strohballen verschiedener Formate, die vorwiegend als Einstreu verwendet werden. Bereits seit 17 Jahren beschäftigt sich das Unternehmen mit dem Pressen und dem Verkauf von Stroh. Die Menge des bearbeiteten Strohs bewegt sich dabei im Bereich von 10.000 bis 15.000 Tonnen pro Jahr. Die Produktionsfläche von 3.000 ha befindet sich innerhalb eines Umkreises von 50 km um Illmitz in den Regionen Andau, Halbtorn und Wallern. Abhängig vom Strohertrag pro ha und der benötigten Menge variiert auch die Produktionsfläche der ca. 220 Vertragsbauern, von denen das Stroh seit vielen Jahren ab Feld gekauft wird.

Die Lieferung zu den Kunden erfolgt bis nach Osttirol und unter bestimmten Bedingungen sogar noch darüber hinaus. Derartig große Transportdistanzen sind nur realisierbar, weil das gelieferte Stroh eine deutlich überdurchschnittliche Qualität aufweist, dies vor allem in Hinblick auf Feuchtigkeit, Verunreinigungen und Staubgehalt. Lieferungen bis zu einer Entfernung von 250 km werden mit dem Traktor durchgeführt. Obwohl der Traktor auf diese Distanzen mehr Treibstoff benötigt, ist der Transport aufgrund des Road Pricings günstiger als mit dem LKW. Der LKW ist erst ab einer Entfernung von 250 km wirtschaftlicher als der Traktor.

Die genauen Abmaße der Strohballen sind nicht festgelegt, da das Stroh für viele verschiedene Abnehmer produziert wird. In der Regel wird das Stroh in Großballen gepresst und gelagert. Auf Wunsch ist es aber auch möglich, während der Ernte Kleinballen, welche normalerweise nicht gelagert werden, zu produzieren.

Seit 17 Jahren wird auch die Technik der Strohballenpressung ständig weiterentwickelt. Die erzielten Verbesserungen sind unter anderem die Reduktion von Staub, Spelzen und Restkörnern um bis zu 80 % und eine kontinuierliche Feuchtemessung. Dabei wird die Feuchte mit zwei Messgeräten laufend während der Produktion gemessen. Der hohe Qualitätsanspruch bei Mann ist auch daran ersichtlich, dass nur hoch qualitatives Stroh ohne Pilzbefall mit einer maximalen Feuchte von 8 % gepresst wird. Feuchteres Stroh wird am Feld vorge trocknet. Die gewünschte Feuchtigkeit wird erfahrungsgemäß nach drei Tagen Trocknung nach dem Dreschen erreicht. Ballen, die dennoch zu feucht gepresst wurden, werden sofort händisch mittels Farbsprays als Ausschussware gekennzeichnet.

#### **3.1.5 Bewertung des Strohpotenzials**

Betrachtet man die verfügbaren Strohmenge, den Dämmstoffmarkt und die derzeitigen Strukturen der Strohverwertung in Österreich, so wird sichtbar, dass erhebliches Potenzial dafür besteht, Stroh als Dämmstoff in größeren Mengen zu verbreiten. Vor allem in Ober- und Niederösterreich sowie im Burgenland gäbe es ausreichend Getreidestroh (hauptsächlich Weizen und Gerste), um mehr als die Hälfte des derzeitigen Dämmstoffbedarfs zu decken. Um dieses Potenzial so weit wie möglich auszuschöpfen, ist die Produktion und Verar-



beitung von Strohballen effizient zu organisieren. Bestehende strohverarbeitende Betriebe zeigen bereits, wie der Transport, die Lagerung und die Weiterverarbeitung des Strohs in den regionalen Strukturen funktionieren können. Diese Erfahrungen müssen nun für die Produktion von Dämmstrohbällen gebündelt werden. Zu diesem Zweck wurde auch das „Team Strohlogistik“ gegründet.

### 3.2 Gründung „Team Strohlogistik“

Im Rahmen eines eigens dafür abgehaltenen Workshops wurde das „Team Strohlogistik“ ins Leben gerufen, eine Expertengruppe, in der die drei oben beschriebenen größten österreichischen Strohverwerter vertreten sind sowie potenzielle Anwender, Fachplaner und weitere thematisch interessierte Professionisten, die wertvollen Input für die weitere Logistik-Entwicklung beitragen.

Gemeinsames Ziel dieser Expertengruppe ist es, an der Zulassung und Verbreitung von Strohballen vor allem in den jeweiligen persönlichen Fachgebieten (siehe unten) mitzuarbeiten. Durch die langjährige Erfahrung und große Fachkenntnis der Mitglieder sowie den offenen und befruchtenden Diskurs auf hohem fachlichen Niveau wurde das Projekt Stroh-Cert wesentlich bereichert. Verbindende Idee ist der gemeinsame Mehrwert für alle Beteiligten durch einen Erfahrungsaustausch quer durch die jeweiligen Tätigkeitsfelder in der Strohverwertung und -verwendung.



Abbildung 23: Workshop Team Strohlogistik

#### Team-Mitglieder und Tätigkeitsfelder:

GrAT	Teamleitung
Herbert Gruber	Baustrohballen, Angebot und Nachfrage
Manfred Weissmann	Bindeglied RWA / RLH Einkauf / Verkauf
Christoph Kastner	Fertigteilbau
Johann Payerl	FEX ÖKO-Faserverarbeitungs-GmbH, Zentrale Strohverwertung
Emil Blumauer	FJ / BLT / Logistik / Technik
Alfred Ruhdorfer	Beratung / Vertrieb
Franz Mayer	Anwender
Thomas Mann	Stroherzeugung und -verkauf
Franz Gasselich	FWG Lasse, Produktion und thermische Verwertung

### 3.3 Entwicklung von Logistikszenerarien

Als Ausgangsbasis für ein Logistikkonzept wurden im Wesentlichen drei Varianten konzipiert und verglichen. In der ersten Variante erfolgt die Pressung der Ballen direkt am Acker und die Lagerung ebenfalls bei den Landwirten (dezentral), in der zweiten findet eine stationäre Umpressung in einer zentralen Produktionshalle statt. Die dritte Variante sieht vor, dass die Ballen ebenfalls dezentral direkt am Feld produziert werden, aber die Lagerung für die weitere Nutzung der Strohballen in einem Zentrallager erfolgt. Eine Zwischenlagerung bei den Landwirten ist bei diesem Szenario möglich.

Diese drei Varianten stellen jeweils unterschiedliche Anforderungen an Lagerung, Transport etc. Die Szenarien wurden daher in einem Stroh-Logistik-Workshop mit den Erfahrungen der drei größten, oben beschriebenen österreichischen Strohverwerter sowie weiterer Experten analysiert und weiterentwickelt.

Für ein Logistikkonzept ist es notwendig, sämtliche Schritte in der Dämmstoffproduktion, von der Ernte des Rohstoffs bis zum Transport der fertigen Ballen, zu berücksichtigen, um die jeweiligen Anforderungen der einzelnen Phasen aufeinander abzustimmen. Diese Schritte des Produktionsprozesses werden im Folgenden genauer beschrieben, wobei vor allem auf die logistischen Aspekte (Zeitraum, benötigte Hilfsmittel etc.) eingegangen wird.

#### 3.3.1 Produktionsprozess

Strohballendämmstoffe können grundsätzlich zentral oder dezentral produziert und gelagert werden. Die gesamte Produktionskette der Strohballen umfasst dabei im Wesentlichen die folgenden Punkte:<sup>5</sup>

1. Drusch
2. Schwaden und Pressen
3. Lagerung
4. Transport
5. Kunde

##### 1. Drusch



Der Zeitraum für den Drusch von Getreidestroh kann regional sehr unterschiedlich ausfallen, da der Reifungsprozess aufgrund der Abhängigkeit von Witterung und Getreideart mitunter stark variiert. Begonnen mit dem Drusch wird immer, wenn das Korn seine Vollreife erreicht. Die einzigen Voraussetzungen dabei sind, dass die Kornfeuchte nicht über 15 % liegen sollte und dass beim Dreschvorgang eine trockene Witterung herrschen sollte, da es sonst zu einer möglichen Pilzsporenbildung und zu einem Pilzwachstum kommen kann (*Adensam, 2005, S. 33, 114*).

---

<sup>5</sup> Bei der zentralen Produktionsvariante kommt als zusätzlicher Verarbeitungsschritt die zentrale Ballenumpressung hinzu.

Betrachtet man den Drusch unter dem Aspekt der Dämmstoffproduktion, sind keine zusätzlichen Vorkehrungen oder Arbeitsaufwendungen erforderlich, da die Anforderungen denen der gängigen landwirtschaftlichen Praxis entsprechen:

Zunächst erfolgt das Dreschen des Getreides mit einem Mähdrescher. Bei diesem Vorgang wird das reife Getreide mit dem Mähwerk, welches aus Schneidwerkzeugen, Ährenhebern und einer Haspel besteht und bis zu 10 m breit sein kann, kurz über dem Boden abgeschnitten und an das Dreschwerk weitergeleitet. Dort und im nachgeschalteten Restkornabscheider wird das Korn aus den Ähren gelöst. Anschließend wird es gereinigt und im Korntank gesammelt. Das Stroh hingegen wird nach der Kornabscheidung hinter dem Mähdrescher ausgeworfen und bleibt als Schwad auf dem Feld zurück.

Die Dauer des Dreschens wird von der Schlaggröße des Feldes und von der Type des Mähdreschers bzw. von der Mähbalkenbreite beeinflusst. Denn je breiter der Mähbalken ist, desto kleiner sind die Anzahl der benötigten Fahrten und der Abstand zwischen den einzelnen Strohschwaden. Dieser hat wiederum Auswirkungen auf das Pressen der Strohballen.

## 2. Schwaden und Pressen



Die auf dem Feld liegenden Strohschwaden können meist nicht sofort zu Ballen gepresst werden, denn zum Zeitpunkt der Ernte weist das Stroh eine um bis zu 5 % höhere Feuchtigkeit auf als das Korn. Um die Feuchtigkeit zu reduzieren, ist bei der Strohballenproduktion eine Feldtrocknung nach der Kornernte mit einzuplanen. Die Dauer der Trocknung beträgt in Abhängigkeit von der Witterung einige Tage. Auch bei diesem Vorgang entsprechen die Anforderungen zur Dämmstoffproduktion denen der landwirtschaftlichen Praxis, der Prozess muss daher nicht verändert werden.



Beim Pressvorgang wird der Schwad nach der Feldtrocknung gepresst und zu Ballen gebunden. Es kommen verschiedene Arten von Ballenpressen in Frage, wie z. B. Variokammerpressen, Compactrollenpresse, Festkammerpressen mit oder ohne Kolben, HD-Kleinballenpressen, Quaderballenpressen oder Niederdruckpressen, welche allerdings nicht mehr hergestellt werden. Für Dämmstrohballen sind HD-Kleinballenpressen oder Quaderballenpressen am interessantesten, insbesondere für die dezentrale Produktion, wenn ein nachträgliches Umpressen der Ballen nicht vorgesehen ist. (Krick, 2008, S. 35)

Das Pressen kann entweder von den Landwirten durchgeführt werden, von einem im Auftrag stehenden Ballenproduzenten oder vom Strohverwerter selbst. Der Vorteil der letzten beiden Möglichkeiten ist, dass sämtliche Ballen in einer Region mit einer einzigen Ballenpresse hergestellt werden. Dieses Modell wird von zweien der drei großen Hersteller verwendet. Bei diesem System ist jedoch eine gute Koordination und Absprache zwischen den Landwirten und den Ballenproduzenten für einen reibungslosen Ablauf der Ballenproduktion notwendig. Wenn jeder Landwirt selbst pressen würde, wäre die Produktion von einheitlichen Ballen wesentlich schwieriger zu erreichen und zu kontrollieren.





Nach dem Pressverfahren werden die Strohballen in der Regel vom Feld abtransportiert. Für das Aufsammeln der Ballen und den Abtransport gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten:

- Variante 1: Der Ballen fällt nach der Pressung zu Boden und wird in einem weiteren Arbeitsgang händisch oder mittels Traktor (abhängig von der Ballengröße) auf einen Anhänger aufgeladen.
- Variante 2: Der Ballen wird mit automatischen Sammelwagen aufgesammelt, eventuell auch mittels Schleuder (dies ist allerdings nur bei kleinen Ballengrößen möglich)

Die Erfahrung der großen Strohverwerter mit den automatischen Methoden der Aufsammlung ist durchwegs wenig zufriedenstellend. Die schonendste Methode des Aufsammelns ist nach wie vor das nachträgliche Aufladen mit dem Traktor in einem eigenen Arbeitsschritt.

### 3. Lagerung



Werden die Dämmstrohballe nicht unmittelbar nach dem Aufsammeln verkauft oder verwendet, müssen sie unter Dach gelagert werden. Zum Vergleich: Die großen Strohverarbeiter nutzen derzeit sowohl zentrale Lager als auch die dezentrale Lagerung vor Ort beim Landwirt. Jene mit einer zentralen Weiterverwertung (stofflich oder thermisch) verwenden eine Mischform aus zentralem Pufferlager beim Werk und dezentralen Lagerflächen bei den Landwirten. Die in der Landwirtschaft verwendeten Strohlager sind sehr heterogen und reichen von der mit Planen abgedeckten Lagerung im Freien bis zu abgeschlossenen Lagerhallen mit Betonboden. Ebenso wie beim Transport muss auch bei der Lagerung der Strohballendämmstoffe eine Aufnahme von Feuchtigkeit unbedingt verhindert werden. Strohballen für Bauzwecke sind daher unter Dach zu lagern und gegen aufsteigende Feuchtigkeit zu schützen. Die Materialfeuchtigkeit bei der Lagerung sollte 14 % nicht übersteigen. Das entspricht laut Angaben der Firmen FEX, Heizwerk Lassee und Mann auch dem derzeit erreichbaren Qualitätsstandard.

Sollte die Lagerung der Strohballen in einer Region nicht ausschließlich zentral stattfinden, sondern eine Kombination aus zentraler und dezentraler Lagerung sein, dann muss eine ständige und gute Koordination zwischen dem Strohverarbeiter und den Lagereinrichtungen bestehen, damit zu jeder Zeit Strohballen an den gewünschten Standort nachgeliefert werden können und dort zur Verfügung stehen, wie es beim Heizwerk Lassee und bei der Firma FEX der Fall ist (s. Kap. 3.1.4).

## 4. Transport



Der Transport von Strohballen wird von den Landwirten im Regelfall mit einfachen offenen Anhängern durchgeführt. Alle Transporte müssen aber so erfolgen, dass die Strohballen, die als Dämmstoff verwendet werden sollen, nicht durch Witterungseinflüsse wie Regenwasser oder Schnee beeinträchtigt werden. Der Transport der Dämmstrohballen z. B. vom Feld zum Lager oder zu der Vertriebsorganisation sollte deshalb bei trockener Witterung oder in einem geschlossenen Wagen stattfinden.

Eine Verpackung der Strohballen wäre eine weitere Möglichkeit, um eine einwandfreie Qualität der Strohballen zu gewährleisten. Bei einem breiten Einsatz der Strohdämmstoffe in bestehenden Vertriebsorganisationen, wie z. B. im Baustoffhandel, ist eine Verpackung der Strohballen auf Paletten möglich.

Mit dem Ziel, den Strohdämmstoff zu verbreiten und erfolgreich am Baustoffmarkt zu etablieren, geht auch die Einbindung von Logistikunternehmen einher. Damit kann eine große Nachfrage professionell bedient werden. Über den reinen Transport vom Lager zur Baustelle oder zum Verarbeiter können Logistikunternehmen gemeinsam mit ihren Kunden zeit- und ressourcenoptimierte Logistiklösungen entwickeln (siehe Kap. 3.5, Logistikkonzept).

## 5. Kunde



Bei der Lieferung von Baustrohballen gibt es grundsätzlich zwei Anwendungsfälle. Unterschieden wird im Prinzip nach der Kundengruppe, die beliefert werden soll. Bei einer Lieferung zu einem „Hausbauer“ muss im Vorfeld die Infrastruktur der Baustelle erfragt werden und dementsprechend je nach Anwendungsfall eine Auswahl der benötigten Hilfsmittel (z. B. Kran, Stapler, Greifer) getroffen werden. Bei einer Lieferung an einen weiterverarbeitenden Betrieb (z. B. Fertigteilhaushersteller) kann die Lieferung z. B. auf Paletten erfolgen, da diese Betriebe in der Regel über die benötigten technischen Gerätschaften für eine Entladung der Strohballen verfügen. Auch hier ist die Einbindung von Logistikunternehmen zielführend, um für verschiedene Kundengruppen entsprechende Logistiklösungen anbieten zu können.

### 3.3.2 Dezentrale Produktion

Bei der dezentralen Produktion, wie sie in der nachfolgenden Darstellung schematisch zu sehen ist, wird der Ballen bereits am Acker in den gewünschten Abmaßen produziert, auf Feuchtigkeit kontrolliert und lokal bei den Landwirten in unmittelbarer Umgebung eingelagert. Der Kunde kann sich bei Bedarf direkt an den Landwirt oder, falls vorhanden, an eine Koordinationsstelle wenden, die über ein Netzwerk von produzierenden Landwirten verfügt und einen Kontakt zum Landwirt herstellen kann. Der Transport der Baustrohballen vom Landwirt

zum Kunden kann von diesen selbst oder aber auch über eine Spedition erfolgen. Im Fall der dezentralen Produktion erfolgt die Fremdüberwachung direkt beim Landwirt vor Ort.

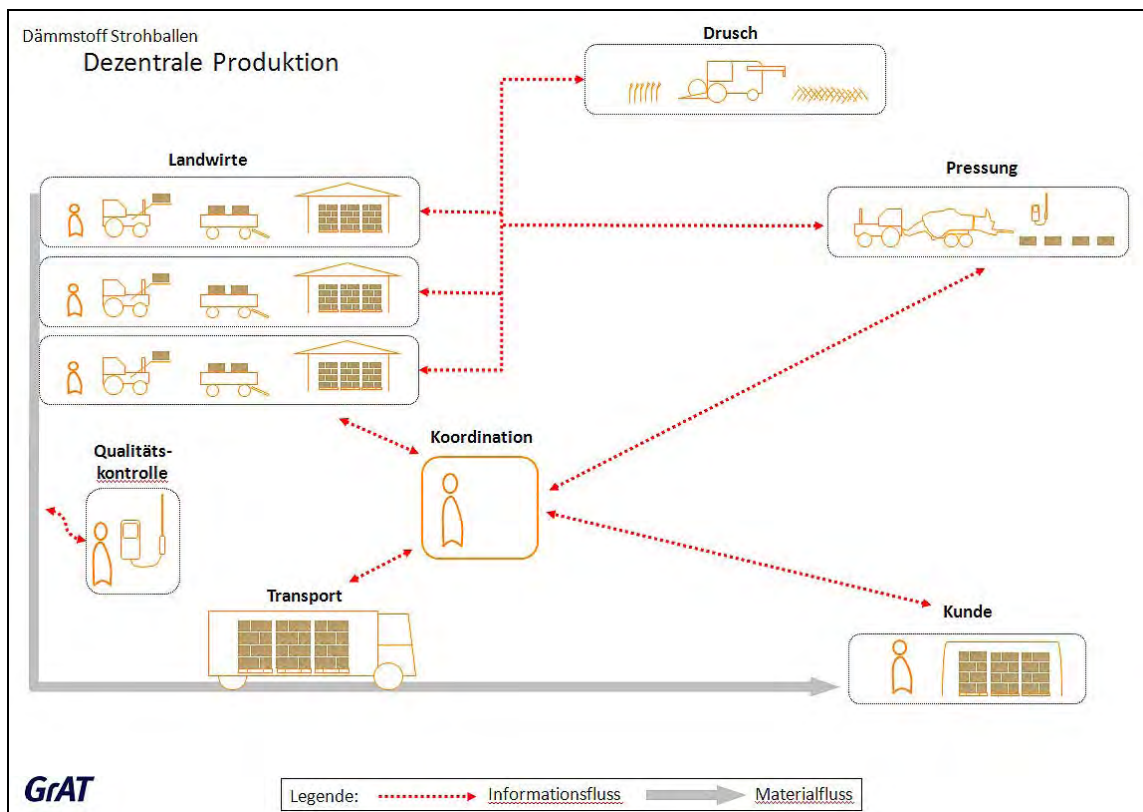


Abbildung 24: Dezentrale Produktion

Die Vor- und Nachteile dieses Szenarios werden in der folgenden Tabelle erfasst.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Online-Überwachung und Verfügbarkeit über GPS-System in Zukunft verfügbar</li> <li>+ Verpackung in Zukunft direkt am Acker möglich (Folie)</li> <li>+ Einsparung von Transportkosten, da die Ballen nicht zwischengelagert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kleinballen bedeuten geringeren Produktionsausstoß (langsamere Verarbeitung, aufwendigeres Sammeln) und damit höhere Witterungsabhängigkeit.</li> <li>- Produktion nur zur Erntezeit 4–6 Wochen</li> <li>- Um eine gleiche Qualität (v. a. Länge!) zu gewährleisten, müssen Änderungen an der Ballenpresse vorgenommen werden.</li> <li>- kurzfristige und große Aufträge nur schwer ausführbar (Koordination und Kapazitätenverfügbarkeit)</li> </ul>

Tabelle 18: Vor- und Nachteile dezentraler Produktion

### 3.3.3 Zentrale Produktion

Bei der zentralen Produktion können Strohballen in unterschiedlichen Abmaßen und Formen gepresst und bei den Landwirten zwischengelagert werden. Zur Vermeidung eines logistischen Mehraufwandes sind jedoch Ballen mit ähnlichen Abmaßen zu bevorzugen. Die Kontrolle des Feuchtigkeitsgehaltes wird beim Pressen durchgeführt. Die Ballen werden an-

schließlich in ein Zentrallager gebracht und können dort entweder mit einer stationären Presse umgepresst oder mit einer maschinellen Strohballen-Schneide- und Abbindeeinheit durch Ablängen und/oder Besäumen auf die gewünschten Formate gebracht werden.

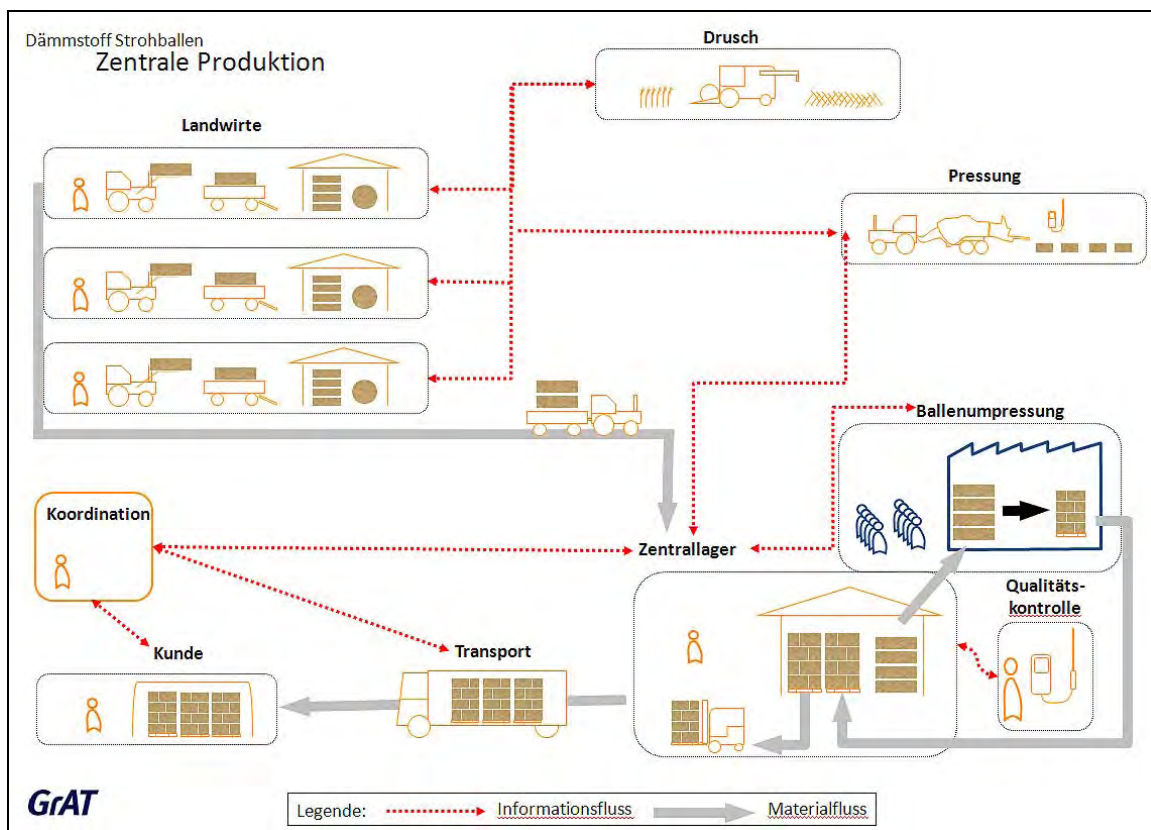


Abbildung 25: Zentrale Produktion

Bei diesem Szenario erfolgt die Fremdüberwachung bei der zentralen Baustrohballenproduktion, da die Ballen unter standardisierten Bedingungen hergestellt werden. Die Ballenpressung am Acker spielt hier eine untergeordnete Rolle. Die Koordination erfolgt zum Großteil über das zentral geführte Lager, welches als Pufferlager für die zentrale Produktion dient und bei Bedarf von den Landwirten mit weiteren Ballen beliefert wird. Bei Lagerhallen ab einer gewissen Größe müssen zusätzliche Auflagen in Bezug auf Brandschutz berücksichtigt werden.<sup>6</sup>

Die Vor- und Nachteile dieses Produktionsszenarios sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

<sup>6</sup> Für den betrieblichen Brandschutz in Österreich sind die jeweiligen Landesstellen zur Brandverhütung verantwortlich, Änderungen und Zusätze werden vom Österreichischen Bundesfeuerwehrverband (Referat 4) eingebracht ([www.brandschutz.at](http://www.brandschutz.at), abgerufen 22.05.2009; 11.37). Die „Technischen Richtlinien Vorbeugender Brandschutz“ (TRVB) dienen als Grundlage für die feuerpolizeiliche Abnahme bei der Baubewilligung eines Bauprojekts sowie für die ständig zu erfüllenden Brandschutzauflagen während der regulären Nutzungsphase. Vor allem für Produktions- und Lagerstätten gelten gesonderte Anforderungen, welche hier in Übersicht dargestellt werden:

- TRVB N 142 01 – Brandschutz in Lagern
- TRVB A 149 85 – Brandschutz auf Baustellen

Zusätzliche Merkblätter:

- Landwirtschaft, Teil 1, Baulicher Brandschutz
- Landwirtschaft, Teil 2, Betrieblicher Brandschutz

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Großballen am Acker können rasch produziert und eingebracht werden</li> <li>+ gleichbleibende Qualität (v. a. Länge)</li> <li>+ Produktion das ganze Jahr möglich, bessere Maschinenauslastung</li> <li>+ Ballen in unterschiedlichen Formaten können verwendet werden</li> <li>+ mehr Zeit für Qualitätskontrolle</li> <li>+ Produktion nach Bedarf</li> <li>+ flexiblere Produktionsquantitäten (kurzfristiger Ballenzukauf möglich), keine Abhängigkeit von bestimmtem Erzeugerkreis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zusätzliche Investitionen (Lagerhalle, Ballenauflöser, maschinelle Strohballen-Schneide- und Abbindeeinheit)</li> <li>- evtl. zusätzliches Personal</li> <li>- Produktionsstandort eingeschränkt</li> <li>- Erhöhung des Logistikaufwandes (längere Anlieferwege, unterschiedliche Bergungsinstrumente der Strohballen)</li> <li>- zusätzlicher Arbeitsschritt</li> <li>- erhöhte Sicherheitsauflagen für große Lager insbesondere Brandschutzauflagen</li> </ul>

Tabelle 19: Vor- und Nachteile zentraler Produktion

### 3.3.4 Dezentrale Produktion mit Zwischenlagerung

Die Produktion der Baustrohballen erfolgt in diesem Szenario so wie bei der oben beschriebenen dezentralen Produktion: Die Strohballen werden direkt am Feld in den gewünschten Abmessungen hergestellt und einer Qualitätskontrolle unterzogen.

Die Lagerung der Ballen erfolgt in den lokalen Lagern der Landwirte und in einem regionalen Zentrallager, in dem nach dem Prinzip des Pufferlagers der zentralen Produktion der Dämmstoff gesammelt wird und zur Abholung und Lieferung zum Kunden bereitsteht.

Je nach Bedarf sind die Landwirte verpflichtet, das Zentrallager mit zusätzlichen Baustrohballen zu beliefern.

Im Zentrallager selbst erfolgt dann auch die Fremdüberwachung. Die Koordination der Ballenpressung, der zentralen Lagerung und des Transports zum Kunden wird durch einen Hauptverantwortlichen durchgeführt. Die Herausforderung bei dieser Produktionsvariante besteht in der dezentralen Produktion von Ballen mit gleicher Qualität und Rohdichte.

In der folgenden Abbildung ist das LogistikszENARIO der dezentralen Produktion mit Zwischenlagerung dargestellt. Die darauffolgende Tabelle zeigt die Vor- und Nachteile dieser Variante.



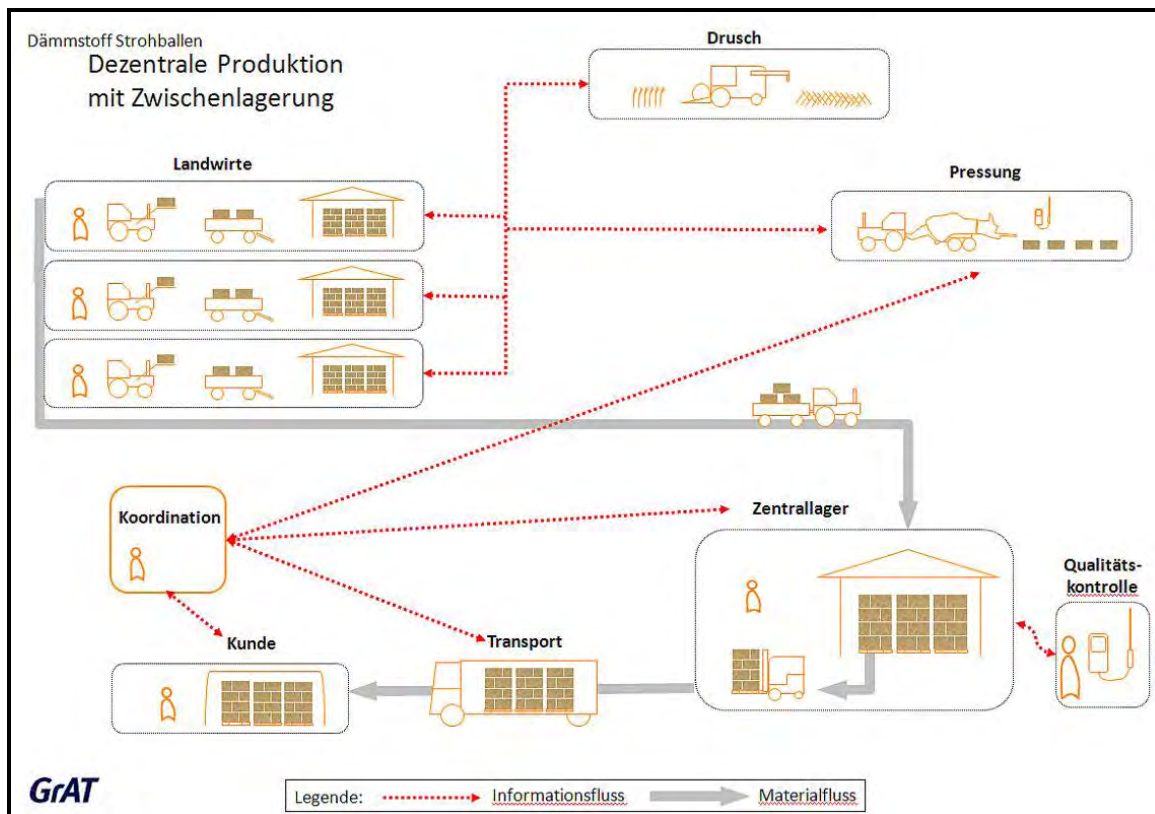


Abbildung 26: Dezentrale Produktion mit Zwischenlagerung

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Online-Überwachung und Verfügbarkeit über GPS-System in Zukunft verfügbar</li> <li>+ flexiblere Produktionsmengen, aufgrund mehrerer Produzenten</li> <li>+ bessere Vertriebsmöglichkeiten (Ein Ansprechpartner für viele Produzenten, gute Übersicht über die Produktverfügbarkeit)</li> <li>+ geringerer logistischer Aufwand für den Transport zum Kunden, da Ballenlagerung an einem Ort</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusätzliche Investitionen (Lagerhalle)</li> <li>- Evtl. zusätzliches Personal</li> <li>- Kleinballen bedeuten langsamere Verarbeitung und aufwendigeres Sammeln.</li> <li>- Produktion nur zur Erntezeit 4–6 Wochen</li> <li>- Um eine gleiche Qualität (v. a. Länge!) zu gewährleisten, müssen Änderungen an der Ballenpresse vorgenommen werden.</li> </ul>

Abbildung 27: Vor- und Nachteile dezentraler Produktion mit Zwischenlagerung

### 3.3.5 Schlussfolgerung Logistikszenerien

Als eines der Ergebnisse aus den durchgeführten Experten-Workshops wurde das dezentrale Logistikszenerario für die erste Realisierungsphase einer Dämmstoff-Strohballen-Produktion als sinnvollste Variante erachtet, da die benötigten Maschinen bereits vorhanden sind und die erforderlichen Investitionen überschaubar bleiben. Für die Qualitätskontrolle der Produktion eines bzw. mehrerer Produzenten sind Qualitätskriterien und Toleranzen in der ÖTZ klar festgelegt (siehe auch Kap. 4).

Die zentrale Produktion bietet hingegen den Vorteil, dass der Produktionszeitraum nicht auf die Erntezeit beschränkt bleibt. Weiters sind standardisierte Produktionsbedingungen mit

gleichmäßiger Rohstoffzufuhr möglich, die eine Fertigung von Ballen mit gleichmäßiger Dichte und geringen Abweichungen bei den Abmessungen erleichtern. Nachteilig sind zusätzliche Investitionen und logistische Einschränkungen aufgrund einer stationären, nicht mobilen Produktion.

Die beschriebenen Szenarien dienen als Grundlage für die Durchführung von Testläufen und für die Entwicklung des Logistikkonzeptes für Strohballen, in dem die Schnittstelle Anbieter–Kunde untersucht wird. Dabei wird auch auf die im Rahmen des Workshops des Teams Strohlogistik formulierten weiterführenden Fragestellungen eingegangen:

1. Wie sieht die Logistikkette vom Lager zum Kunden im Detail aus? Welche Ladevolumina stehen zur Verfügung, und wie lang dürfen die maximalen Transportwege sein?
2. Welche Hilfsmittel zur Einbringung an der Baustelle werden benötigt (Kran)? Inwiefern ist die höhere Dichte der Ballen im Vergleich zu anderen Dämmstoffen zu berücksichtigen?

### 3.4 Testläufe

Für den reibungslosen Ablauf einer Strohballenlogistik wurden im Rahmen des Projektes verschiedene Testläufe für den Transport der Baustrohballen vom Feld bis zum Kunden durchgeführt. Entsprechend der Gliederung des Produktionsprozesses (vgl. Kap. 3.3.1) sind die durchgeführten Testläufe in die folgenden Abschnitte aufgeteilt: Aufsammeln der Strohballen, Lagerung, Transport und Kunde (siehe auch die entsprechenden Abschnitte in Kap. 3.3.1). Zusätzlich wurden entlang des Produktionsprozesses Maßnahmen der Qualitätssicherung getestet.

#### 3.4.1 Aufsammeln der Ballen

Das Aufsammeln der Strohballen auf dem Feld erfolgte zum einen mit einem automatischen Sammelwagen, der direkt hinter die Presse gekoppelt war, und zum anderen händisch in einem zusätzlichen Arbeitsschritt (siehe Abbildung 28).



Abbildung 28: Aufsammeln der Strohballen

Die Beanspruchung der Strohballen ist beim händischen Auflesen am geringsten ausgefallen, jedoch ist bei dieser Variante der Personal- und Zeitaufwand gleichzeitig am höchsten. Das händische Aufsammeln der Ballen ist deshalb vor allem bei kleinen

Strohballen in geringer Anzahl sinnvoll. Für eine Produktion von Strohballen mit einem höheren Gewicht und/oder mit einer größeren Ballenstückzahl ist die Verwendung eines automatischen Sammelwagens zu empfehlen.

### 3.4.2 Lagerung

Die Baustrohballen müssen entsprechend den im Qualitätshandbuch (vgl. Kap. 4.4) definierten Lagerbedingungen deponiert werden. Eine Lagerung unter Dach und ein Schutz gegen Bodenfeuchte sind wesentliche Voraussetzungen. Im Rahmen der Testläufe wurde eine Probelagerung unter zwei verschiedenen Bedingungen durchgeführt (siehe Abbildung 29).



Abbildung 29: Lagermöglichkeiten

Bei der ersten Variante wurden die Strohballen bei einem Landwirt in einem überdachten Außenlager eingelagert. Da die Baustrohballen bei dieser Lagermöglichkeit nicht vollständig vor der Witterung geschützt sind, kann es zu einem Beregnen der Ballen von der Seite kommen, und auch die Gefahr einer Qualitätsminderung durch aufsteigende Bodenfeuchte ist gegeben. Die Strohballen an den Außenseiten und in der Bodenschicht dienen in diesem Fall als Witterungsschutz und dürfen nicht für die Verwendung als Baustrohballen herangezogen werden.

In der zweiten Variante wurden die Baustrohballen in einer Lagerhalle mit betoniertem Untergrund aufbewahrt. Als Schutzmaßnahme gegen aufsteigende Bodenfeuchte wurden die Baustrohballen außerdem auf Standard-Euro-Paletten aufgeschichtet. Ein ausreichender Schutz entsprechend den vorgeschriebenen Lagerbedingungen ist auf diese Weise gegeben.

### 3.4.3 Transport

Der Transport der Baustrohballen erfolgt ebenso wie die Lagerung gemäß dem Qualitätshandbuch (vgl. Kap. 4.4). Im Prinzip ist zwischen zwei Anwendungsfällen zu unterscheiden: dem Transport vom Feld zum Lager und dem Transport vom Lager zum Kunden.



Ein Testlauf für den Transport vom Feld weg zum Lager des Landwirtes wurde in einem offenen Anhänger durchgeführt (siehe Abbildung 30). Die Strohballen wurden in diesem Fall händisch auf den Anhänger geschichtet und mit Spannriemen gesichert. Unter der Voraussetzung, dass die Witterung bei der Produktion der Baustrohballen trocken ist und die Distanz zum lokalen Lagerplatz gering, ist der Transport in der Regel auf diese Weise möglich.



Abbildung 30: Strohballentransport vom Feld zum Lager des Landwirtes

Ein Transport von Baustrohballen vom Lager zum Kunden ist hingegen das ganze Jahr über erforderlich. Dementsprechend müssen die Ballen witterungsgeschützt transportiert werden. Ein Testlauf für den Transport der Baustrohballen vom Landwirt zum Kunden wurde in Kooperation mit dem oberösterreichischen Logistikunternehmen Schachinger durchgeführt. Die Lieferung der 20 m<sup>3</sup> Stroh erfolgte über eine Distanz von 420 km vom Strohballenproduzenten in Guntramsdorf (NÖ) zum Kunden in Stall (K). Die Baustrohballen wurden ohne Probleme auf der Ladefläche des Transporters gestapelt, mit Spannriemen gesichert und abschließend mit einer Abdeckplane überspannt. Die Ballen werden durch die Plane zusätzlich auf dem Transporter gesichert und gleichzeitig vor Witterung geschützt.



Abbildung 31: Strohballentransport über ein Logistikunternehmen



Abbildung 32: Abdeckung der Strohballen für den Transport

#### 3.4.4 Kunde

Des weiteren wurden Testläufe für den Bereich der Baustelle durchgeführt. Wie im 3.3.1 erwähnt, bestehen abhängig von der Kundengruppe unterschiedliche Anforderungen für einen Transport von Baustrohballen. Für den ersten Anwendungsfall, den privaten „Häuslbauer“, wurden die Baustrohballen einzeln im Transporter geschichtet und dann in einem geschützten Bereich auf der Baustelle gelagert. Das Entladen wurde händisch durchgeführt (siehe Abbildung 33).



Abbildung 33: Lieferung und Lagerung auf der Baustelle

Für den zweiten Anwendungsfall, die Lieferung zu einem weiterverarbeitenden Unternehmen, wurde ein Testlauf mit auf Euro-Paletten gestapelten Strohballen durchgeführt. Dabei wurde zum einen der Transport mit einem Gabelstapler getestet (siehe Abbildung 34) und zum anderen die Möglichkeit, die Paletten mit einem auf dem Transporter befestigten Kran zu be- und entladen (siehe Abbildung 35).



Abbildung 34: Beförderung mit einem Gabelstapler



Abbildung 35: Beförderung mit einem Kran

Wenn Paletten verwendet werden, können mehrere Strohballen in einem Arbeitsgang befördert werden, weshalb sich diese Methode auch für größere Liefermengen eignet. Es ist jedoch zu erwähnen, dass im Vorfeld ein entsprechender Mehraufwand für den zusätzlichen Arbeitsschritt des Palettierens mit einberechnet werden muss. Das Heben der Strohballen mit dem Kran erfolgte bei diesem Testlauf bis zu einer Höhe von 8 m. Abhängig vom Typ des Krans ist das Heben auf noch größere Höhen (max. 18 m) möglich.

Die entscheidenden Qualitätskriterien der Baustrohballen, wie z. B. Feuchte, sind an sämtlichen Schnittstellen entlang des Produktionsprozesses von der Herstellung der Ballen bis zur Lieferung beim Endkunden zu kontrollieren. Dementsprechend wurden auch während der Testläufe verschiedene Messungen, z. B. Feuchtemessungen (siehe Abbildung 36), durchgeführt. Die Ergebnisse der Testmessungen flossen auch in die Weiterentwicklung der Messverfahren ein (vgl. Kap. 4.3).





Abbildung 36: Qualitätskontrolle der Baustrohballen

### 3.5 Logistikkonzept

Aufbauend auf den Strohlogistikszenerarien und den Testläufen wurde im Rahmen eines Workshops ein Logistikkonzept unter Einbeziehung eines Logistikexperten entwickelt.



Abbildung 37: Workshop mit Logistikexperte Ing. Christian Holezius von i-LOG Integrated Logistics GmbH, Schachinger Logistik-Gruppe

#### 3.5.1 Anforderungen an das Logistikkonzept

Das Logistikkonzept bildet die Verbindung zwischen Produzent/Vertrieb und Kunde ab, und zwar vom Dämmstofflager bis zur Baustelle, wobei die Anforderungen an das Konzept weit über den reinen Transport hinausgehen. Ziele der Logistik sind prinzipiell humanitäre Ziele (z. B. maximale Sicherheit für Menschen, Versorgungssicherheit, Entlastung von schwerer körperlicher Arbeit), ökologische Ziele (z. B. Abfallvermeidung, Energie- und Ressourceneffizienz, Verminderung des Flächenverbrauchs) und wirtschaftliche Ziele (z. B. Kostensenkung, Leistungserfüllung, Qualitätssicherung, Zeitersparnis) (Gudehus 2005, S. 75ff.).

Mit einem professionellen Konzept für die Strohballenlogistik kann u. a. die Qualität des Produktes während des Transportes optimal gesichert, die Lieferzeit reduziert und die Arbeits-

zeit für den Einbau des Dämmstoffes minimiert werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen für das Logistikkonzept jeweils folgende Fragen beantwortet werden: Was, wie, wann und wohin/von wo wird geliefert?

### **Was wird geliefert?**

Die Information über die Produktspezifika ist notwendig, um die am besten geeignete LKW-Type herauszufinden. Beim Dämmstoff Strohballen handelt es sich um ein Produkt mit einer Dichte von  $110 \text{ kg/m}^3$ , das trocken transportiert werden muss. Die Be- und Entladung kann entweder händisch oder bei palettierten Strohballen mittels Kran und Palettengabel erfolgen. Im Falle von besonderen Formaten können spezielle Hebewerkzeuge (z. B. Ballenzange) verwendet werden, dann ist aber die Umrüstung der LKWs zu berücksichtigen. Das Ladevolumen der LKWs mit Kran beträgt ca.  $40 \text{ m}^3$ , der Anhänger ca.  $50 \text{ m}^3$  und das eines Mega-trailers ca.  $100 \text{ m}^3$ . Die optimale Ausnützung des Ladevolumens hängt von den Dämmstoff-formaten ab. Hierbei gilt es aber zuerst die bautechnischen Vorgaben, wie z. B. Dämmstärke zu berücksichtigen und dann die Optimierungen der Logistik zu erarbeiten, z. B. durch optimierte Verpackungsformate. Die Formate unterscheiden sich je nach Anwendung des Dämmstoffs. Die Dämmung der obersten Geschoßdecke erfordert andere Formate als der Dämmstoffeinsatz in der Wandkonstruktion. Grundsätzlich sind die Breiten der LKWs und Anhänger von 2,5m und Ladehöhen bis 2,6m (LKW) bzw. 2,8m (Anhänger) zu berücksichtigen. Aufgrund der geringen Dichte von Strohballen im Vergleich zu anderen Baustoffen stellt das Ladegewicht keinen limitierenden Faktor dar.

### **Wie wird geliefert?**

Die Lieferanforderungen des Produktes sowie die Ausstattung der Lager und der Kunden beeinflussen die Ausstattung des LKWs. Hierbei hat der Schutz vor Feuchtigkeit oberste Priorität. Daher wird die Fracht mit einer Schutzplane abgedeckt oder ein geschlossener LKW/Anhänger verwendet. Für eine möglichst zeitsparende Be- und Entladung ist die Verpackung auf Paletten optimal. Üblicherweise ist dafür jeweils eine Stunde in der Kostenkalkulation inbegriffen. Jede weitere Stunde wird extra verrechnet.

Beim Kunden kann der Dämmstoff entsprechend den jeweiligen Anforderungen angeliefert werden; beispielsweise wird bei einer Sanierung der obersten Geschoßdecke die Ladung direkt auf die entsprechende Höhe gehoben (mit dem Kran ist eine Höhe von bis zu 18 Meter möglich). Durch diese direkte Anlieferung wird Lagerplatz auf der Baustelle eingespart, die Manipulation des Dämmstoffs minimiert und die Arbeitszeit der Baufirma reduziert. Zusätzlich wird die Witterungsabhängigkeit verringert. Damit kann die Dämmung der obersten Geschoßdecke effizient durchgeführt werden, ein Anwendungsgebiet der Gebäudesanierung mit großem Verbreitungspotenzial.

### **Wann wird geliefert?**

Für die Zeiten der Abholung und Anlieferung können Zeitfenster definiert werden. Während die Abholung aus einem Lager gut planbar ist, muss bei der Abholung direkt vom Feld die Witterungsabhängigkeit mitberücksichtigt werden. Der zuletzt genannte Fall stellt aufgrund

der unterschiedlichen Arbeitszeiten im Transportgewerbe und in der Landwirtschaft eine Herausforderung dar, da z. B. eine am Wochenende produzierte Dämmstoffcharge aufgrund des Risikos von Niederschlägen nicht bis Montag ungeschützt gelagert werden darf.

### **Wohin wird geliefert? Von wo wird geliefert?**

Abholort und Lieferort sind zu definieren. Mittels neuer Navigationssysteme können Adressen und Koordinaten eingegeben werden und auch nicht beschilderte Lager und Baustellen problemlos angefahren werden. Da auch in der landwirtschaftlichen Produktion immer größere Maschinen zum Einsatz kommen, stellt die Verwendung von großen LKWs kein Problem dar. Für Lieferungen direkt an eine Baustelle muss eine LKW-Zufahrt möglich sein. Im Gegensatz zu Lieferungen mit landwirtschaftlichen Maschinen können mit LKWs auch längere Distanzen zu jeder Jahreszeit schnell bewältigt werden.

### **3.5.2 Logistikkonzept für Strohballen**

Das Logistikkonzept sieht eine koordinierende Stelle vor, die Bestellungen aufnimmt und diese an den Produzenten weiterleitet. Das Logistikunternehmen erhält von der koordinierenden Stelle eine Auftragserteilung mit den notwendigen Informationen und übernimmt ab diesem Zeitpunkt die Aufgaben von Disposition, Abholung, Transport, Anlieferung, Entladung sowie Kommunikation mit Lager und Kunde. Über den aktuellen Stand wird die koordinierende Stelle laufend informiert.

Das im Folgenden grafisch dargestellte Logistikkonzept verdeutlicht den Ablauf zwischen Lager, Logistiker und Kunde.

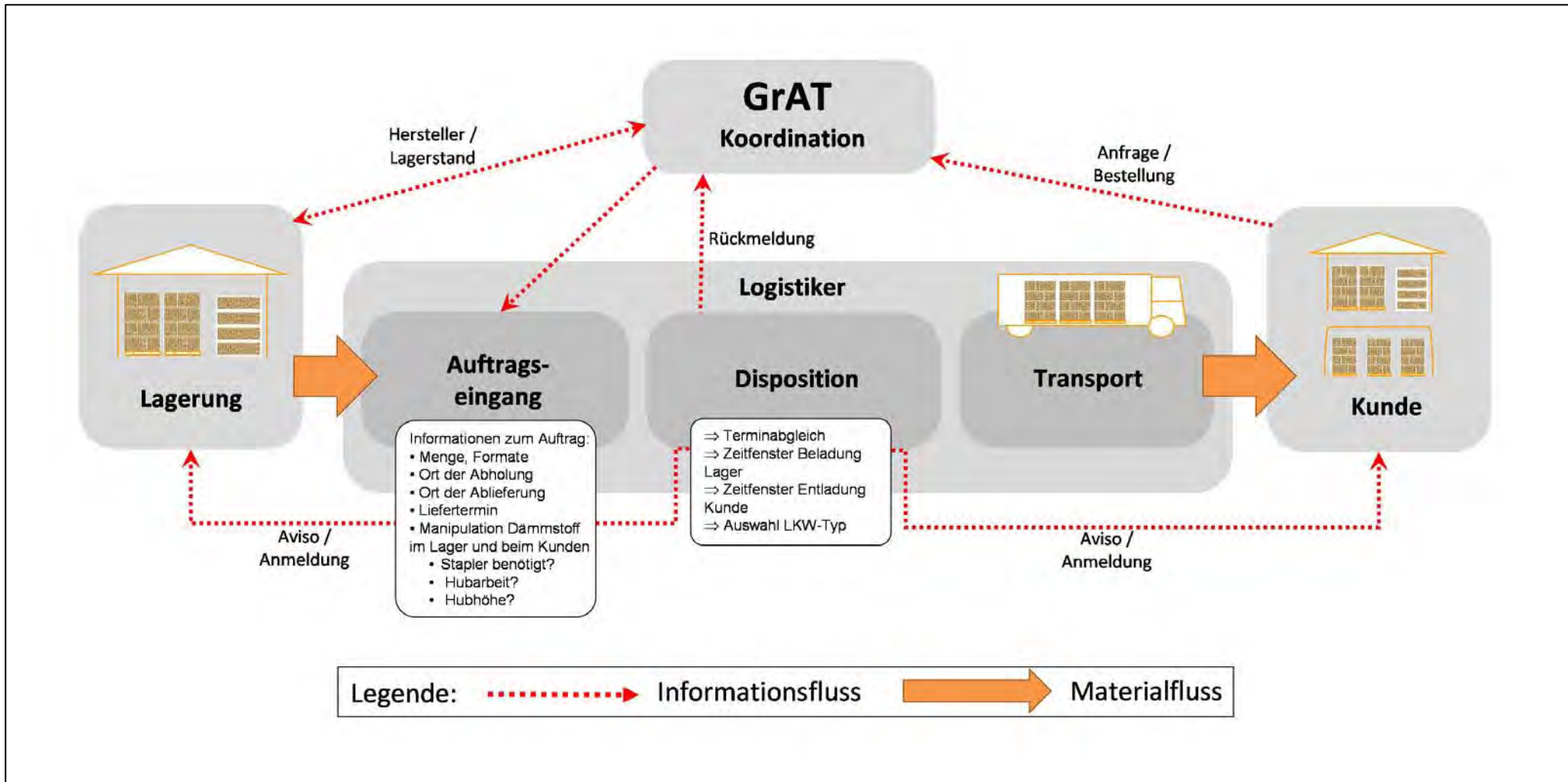


Abbildung 38: Logistikkonzept für den Dämmstoff Strohbällen

Der Ablauf der Strohballenproduktion und -lieferung setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:

### **1. Bestellung**

Der Kunde bestellt die entsprechende Menge und Formate an Dämmstoff bei der koordinierenden Stelle. (Kundeninformation und -beratung finden zuvor statt. Sie sind nicht Teil der Logistik und werden hier daher nicht behandelt.)

### **2. Beauftragung Hersteller**

Der Hersteller wird beauftragt. Die koordinierende Stelle wählt einen Produzenten:

- a) innerhalb der Region
- b) mit Verfügbarkeit der bestellten Dämmstoffformate

Bei größeren Bestellmengen können auch mehrere Produzenten beauftragt werden. Die Lagerstände und verfügbaren Formate der Hersteller können von der koordinierenden Stelle elektronisch abgerufen werden.

### **3. Beauftragung Logistiker**

Die koordinierende Stelle beauftragt ein Logistikunternehmen mit der Lieferung des Dämmstoffes. Dabei werden die notwendigen Informationen übermittelt:

- Menge, Format, Volumen, Masse
- Verpackungseinheit, z. B. Palette, mit oder ohne Witterungsschutz
- Ausstattung des Produzenten mit logistischer Infrastruktur, z. B. Laderampe überdacht, Hubwagen, Stapler, Traktor mit Staplergabel
- Beladezeit
- Abholort: Adresse, Kontaktperson, Telefonnummer, GPS-Daten
- Liefertermin
- Lieferort: Adresse, Kontaktperson, Telefonnummer
- Rahmenbedingungen beim Kunden, z. B. Zufahrt, Parkplatz für LKW, genauer Lieferort an der Baustelle mit Angabe der Lieferhöhe, Lieferöffnung (z. B. Lieferung durch (Dach-)Fenster, Dachöffnung, Equipment für Entladen, z. B. Stapler, Hubwagen
- Entladezeit

### **4. Disposition**

Aufgrund der Angaben wählt der Logistiker einen geeigneten LKW aus, z. B. LKW mit Kran, vereinbart mit der Kontaktperson beim Produzenten/Lager einen Abholtermin mit Zeitfenster als auch ein Zeitfenster mit dem Kunden am gewünschten Liefertag. Vor der Abholung und vor der Lieferung erfolgt die Anmeldung des LKW-Fahrers bei der jeweils zuständigen Kontaktperson. Durch den Einsatz moderner Kommunikationstools kann der Logistiker schnell und flexibel auf geänderte Rahmenbedingungen reagieren, z. B. auf Verkehrsbehinderungen, mit allen beteiligten Akteuren leichter kommunizieren und weiters eine möglichst papierlose Abwicklung durchführen (z. B. den gesamten Ablauf elektronisch über eine Internetplattform dokumentieren). Für die Disposition ist mit einer Vorlaufzeit von zwei Tagen bis zur Durchführung zu rechnen.



## **5. Abholung, Transport und Lieferung**

Im Anschluss an die Disposition werden Abholung, Transport und Lieferung vom LKW-Fahrer des Logistikunternehmens durchgeführt. Fahrer und Disponent sind laufend miteinander in Kontakt, und der abgeschlossene Auftrag wird unmittelbar (z. B. elektronisch) an die koordinierende Stelle weitergeleitet.

Zur Einhaltung der Transportsicherheit und der Qualitätssicherung muss entsprechend geschultes Personal eingesetzt werden. Die im Qualitätsmanagement vorgeschriebene Dokumentation wird in die Logistik integriert und wird vom LKW-Fahrer durchgeführt.

## 4 Qualitätsmanagement

Da es sich bei Strohballen um ein Naturprodukt handelt, das im Vergleich zu synthetisch hergestellten Dämmstoffen größere Schwankungen aufweist (z. B. bei Feuchte oder Halm-länge), wird der Überprüfung der Qualität ein besonders hoher Stellenwert beigemessen. Wie beispielsweise im Lebensmittelsektor bereits realisiert, sollen daher auch für die Produktion von Dämmstrohhallen technische und organisatorische Lösungen für eine durchgängige und lückenlose Qualitätssicherung zur Anwendung kommen.

Eine grundlegende Anforderung für alle Produkte am Markt ist der Nachweis, dass die definierte Qualität eingehalten wird. Es existieren verschiedene Systeme (z. B. Total Quality Management und QM nach ISO 9001), die für das Qualitätsmanagement (QM) angewandt werden. Ziel dieser Systeme ist es, mit genau festgelegten Regeln für die Produktion und für die Überwachung hohe und gleichbleibende Produktqualität sicherzustellen. Zusätzlich werden die Vorgangsweise der Qualitätskontrolle, die Messmethoden, Messpunkte und die Messintervalle sowie die Dokumentation genau geregelt. Wesentlich dabei ist auch die Festlegung der Verantwortlichkeiten entlang der Prozesskette.

Diese Regeln für die Produktion und für die Durchführung der Qualitätskontrolle bilden gemeinsam das Qualitätsmanagement-System und werden in einem QM-Handbuch zusammengefasst, wie es auch im Rahmen des Zulassungsverfahrens der ÖTZ verlangt wird. Die Funktion des QM-Handbuchs innerhalb des QM-Systems ist in Abbildung 39 dargestellt.



Abbildung 39: Beispiel für den Aufbau eines Qualitätsmanagement-Systems nach ISO 9001<sup>7</sup>

Um ein QM-System für Dämmstrohhallen zu erstellen, wurden folgende Schritte durchgeführt:

<sup>7</sup> www.iso.ch; abgerufen 21.05.2009; 15:35.

- Alle Produktions- und Verarbeitungsschritte wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf die Qualität der Strohballen analysiert (Kap. 4.1);
- Qualitätskriterien und entsprechende Messparameter wurden definiert (Kap. 4.2);
- Messgeräte wurden ausgewählt, zu einem Prototypen-Teststand zusammengestellt und bewertet (Kap. 4.3);
- ein QM-Handbuch mit Verfahrens- und Prüfanweisungen für die Ballenproduktion und -kontrolle wurde erstellt (Kap. 4.4).

## **4.1 Einfluss der Prozessschritte auf die Qualität**

Da ein Großteil des Produktions- und Verarbeitungsprozesses bei Strohballen im Freien stattfindet und witterungsabhängig ist, spielt die Niederschlagsmenge in fast allen Prozessschritten eine wichtige Rolle. Zu viel Niederschlag kann zu starker Qualitätsverminderung (z. B. verstärktem Schimmelwachstum auf dem Stroh) bis hin zum kompletten Ernteausfall führen. Während Wetter und Niederschlagsmengen nicht beeinflussbar sind, können andere Faktoren, die ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität haben, sehr wohl kontrolliert und gesteuert werden. Dazu zählen zum Beispiel das verwendete Druschverfahren, die Fahrgeschwindigkeit der Ballenpresse, die Maschineneinstellungen, Lagerungsbedingungen, Verpackung oder auch die persönliche Erfahrung des Verarbeiters.

Alle Parameter, welche die Qualität der Strohballen über den gesamten Prozess beeinflussen, werden in der folgenden Abbildung dargestellt und anschließend genauer analysiert (vgl. auch Kap. 3.3.1 zu den logistischen Aspekten der Prozessschritte). Diese Analyse bildet die Grundlage für ein durchgängiges Qualitätsmanagement-System.

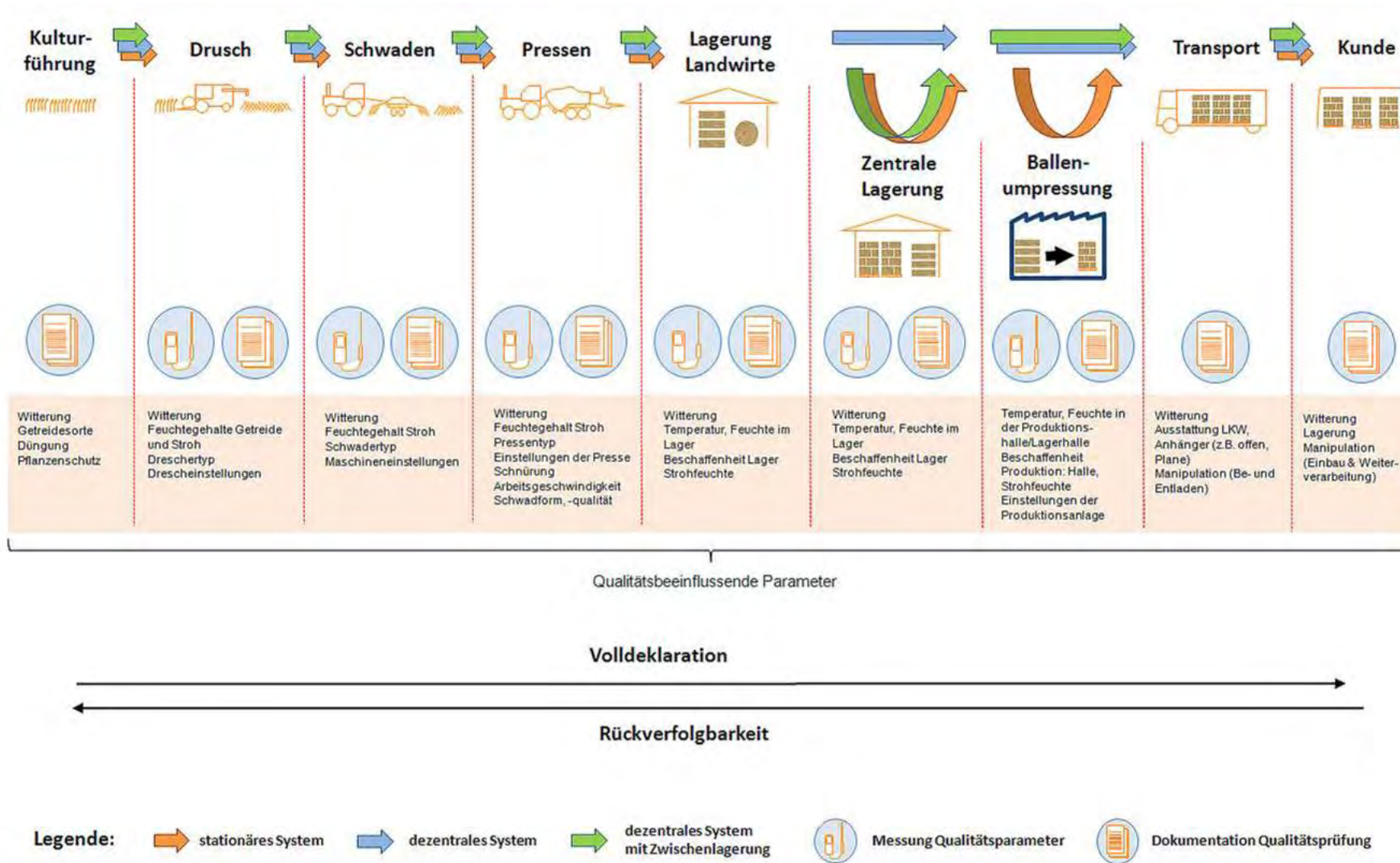


Abbildung 40: Prozessschritte und qualitätsbeeinflussende Parameter

## **Kulturführung**

Zu den Faktoren, welche den Anbau von Getreide und dessen Qualität beeinflussen, zählen z. B. die natürlichen Voraussetzungen wie die Bodenqualität und das vorhandene Klima bzw. die Höhe der Niederschläge und die Temperaturen im Anbaugebiet, aber auch beeinflussbare Faktoren wie Wahl der Getreidesorte, Düngung und Pflanzenschutz sowie das richtige Timing. Der Anbau von Winterweizen z. B. beginnt mit der Saatbettbereitung und Saat vor dem Winter und endet mit der Ernte der reifen Pflanze in der Regel im Juli/August.

Für den Einsatz von Stroh als Dämmstoff ist es wichtig, chemische Schadstoffe vom Produkt fernzuhalten. Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln sollte daher so gering wie möglich gehalten werden, dies gilt auch für die Verwendung von zusätzlichen Wirkstoffen während der Kulturführung. Nach dem Stand der bisherigen Ergebnisse sind diese Maßnahmen für eine Zertifizierung für Strohdämmstoffe auch nicht notwendig. Die Schadstofffreiheit ist auch ein wichtiges Akzeptanzkriterium für den Einsatz von Strohballen im ökologischen Bauen.

## **Drusch**

Der Vorgang des Dreschens hat einen wesentlichen Einfluss auf die Halmbeschaffenheit des Strohs und damit auch auf die Qualität des ganzen Strohballens. Denn je nach Art des Mähdreschers wird das Stroh unterschiedlich stark beansprucht. Ein Mähdrescher besteht im Prinzip aus den Baugruppen Mähwerk, Dreschwerk, Restkornabschneider, Reinigung, Korntank, Antrieb und Kabine. Das Mähwerk schneidet zunächst das Getreide kurz über dem Boden ab und leitet es dann an das Dreschwerk weiter. Je nach der Art der Anordnung, mit der das Stroh durch das Dreschwerk geführt wird, unterscheidet man in der Regel zwischen einem Tangential- und einem Axialmähdrescher.

Bei einem Tangentialmähdrescher besteht das Dreschwerk aus einer schnell rotierenden Dreschtrommel und einem feststehenden Dreschkorb. Das Getreide wird dabei durch einen sich verjüngenden Spalt zwischen Dreschtrommel und Dreschkorb geführt, während es von Schlagleisten bearbeitet wird. Bei diesem Vorgang lösen sich ca. 90 % der Körner aus den Ähren. Abhängig von der Größe des Spaltes wird das Stroh unterschiedlich stark beschädigt. Bei einem Axialmähdrescher hingegen wird das Getreide längs zwischen Dreschkorb und Rotor entlanggezogen, wobei es die Längsachse des Rotors mehrfach umrundet. Bei diesem Vorgang wird das Korn fast vollständig vom Rest des Getreides getrennt und die Halmstruktur des Strohs aufgrund des langen Weges mit der relativ hohen mechanischen Belastung stärker beschädigt.

Die Wahl des Mähdreschers und die Einstellung der Intensität des Dreschwerks hat daher enormen Einfluss auf die Qualität der Strohballen in Bezug auf den Restkornanteil und die Beschädigung der Halmstruktur und damit auch auf die Festigkeit der Strohballen.

Die Schnitthöhe sollte für die Strohballenproduktion nicht unter 12 cm betragen, geländeabhängig können auch noch größere Schnitthöhen erforderlich sein, um Verunreinigungen des geernteten Strohs zu verhindern.

Der Fahrer hat je nach seiner Erfahrung ebenfalls einen Einfluss auf den Restkornanteil im Stroh, denn er kann z. B. bei einer Änderung des Gefälles des Feldes die Fahrgeschwindigkeit des Mähdeschers entsprechend variieren, um eine optimale Kornausbeute zu erzielen.

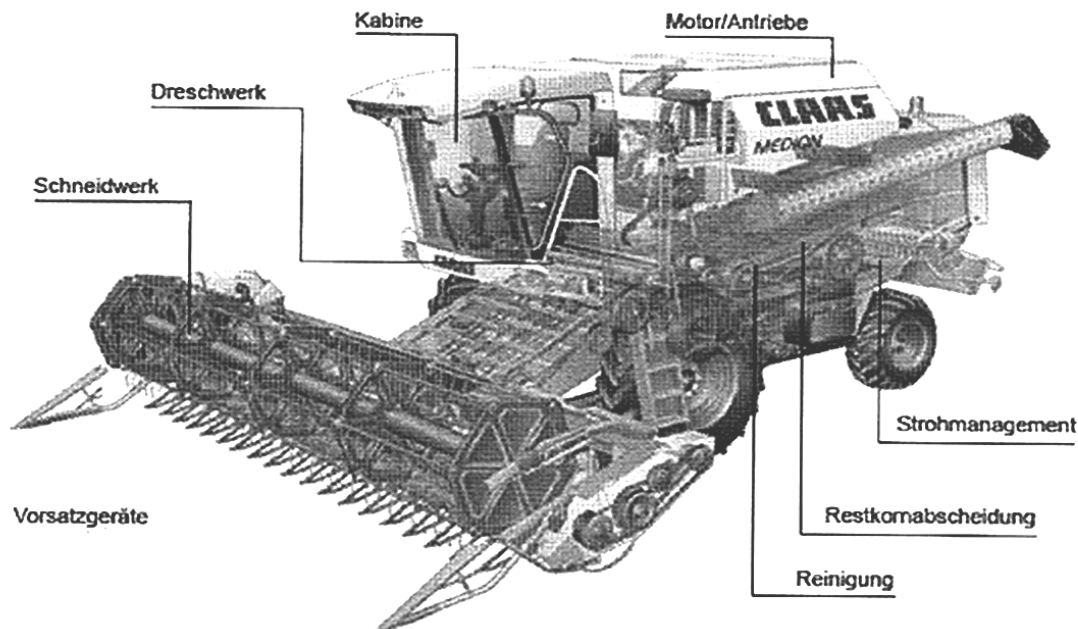


Abbildung 41: Mähdescher vom Typ Claas Medion (Krick, 2008, S. 41)

### Schwaden und Pressen

Nach mehrtägiger Feldtrocknung – laut Angaben der befragten Strohverarbeiter beträgt der übliche Zeitraum etwa drei Tage – wird mit der Pressung begonnen. Der Pressvorgang ist ein wichtiger Produktionsschritt, der Eigenschaften wie die Abmessungen, die Oberflächenbeschaffenheit, die Kantentreue und die Dichte des Strohballens maßgeblich beeinflusst. Zusätzlich zur Abhängigkeit von der Type, dem Hersteller und dem Zustand der Presse gelten fünf Leitsätze, welche zu einer besseren Pressung der Strohballen führen:

- Gleichmäßig große Schwade produzieren.
- Kurbeln zur Dichteeinstellung an der Presse fest andrehen.
- Der Einbau der seitlichen Kanalverengung erhöht die Ballendichte um etwa 4 % pro Zentimeter.
- Mit möglichst hoher, konstanter Geschwindigkeit bei Normaldrehzahl über einen möglichst großen Schwad fahren.
- Der Pickup sollte immer voll sein.

(Krick, 2008, S. 40)

Nach dem Pressen der Schwade zu Strohballen werden diese in der Regel vom Feld abtransportiert. Für das Aufsammeln und den Abtransport gibt es verschiedene Möglichkeiten: automatisch oder händisch bzw. mit Traktor (siehe Kap. 3.3.1). Die Wahl der Vorgehensweise hat wiederum Einfluss auf die Qualität der Ballen.

## **Lagerung**

Die Dämmstrohballe sind unter Dach zu lagern und gegen aufsteigende Feuchtigkeit zu schützen. Das Lagerklima ist zu kontrollieren und muss dokumentiert werden (Feuchte und Temperatur). Es ist darauf zu achten, dass die Materialfeuchte der gelagerten Ballen 14 % nicht übersteigt.

Bei einem Lager ohne Schutz vor aufsteigender Bodenfeuchte darf die zuunterst gelagerte Ballenschicht nicht für Bauzwecke verwendet werden, da die Qualität der Strohballe durch die Bodenfeuchte stark beeinträchtigt wird.

## **Ballenumpressung**

Für die Ballenumpressung oder eine nachträgliche Formatänderung mit einer Strohballe-Schneide- und -abbindeeinheit gelten die gleichen Anforderungen wie für die Lagerung der Strohballe hinsichtlich Lagerbeschaffenheit, Temperatur und Feuchte. Im Gegensatz zu der Produktion auf dem Feld wird die Qualität der Ballen bei einer stationären Produktion nicht durch ungleichmäßige Schwade beeinflusst. Durch die Kontrolle und Auswahl der Strohballe im Lager und eine optimale Einstellung der Produktionsanlage für eine gleichmäßige Zuführung des Stroh können Strohballe mit einer hohen Qualität über das ganze Jahr produziert werden.

## **Transport**

Der Transport der Ballen muss so durchgeführt werden, dass keine Feuchtigkeit in den Dämmstoff eindringen kann. Eine Beförderung kann daher mit einem geschlossenen Wagen durchgeführt werden, mit einem offenen Wagen mit Abdeckung der Ladung mit einer wasserdichten Plane oder mit einer witterungsbeständigen Verpackung. Bei einem breiten Einsatz der Strohdämmstoffe in bestehenden Vertriebsorganisationen, wie z. B. im Baustoffhandel, ist eine Verpackung der Strohballe auf Paletten erforderlich. Nur für kurze Strecken kann bei trockener Witterung mit einem offenen Wagen ohne Witterungsschutz transportiert werden (z. B. vom Feld ins Lager des Produzenten).

Das Be- und Entladen der Strohballe muss ohne Qualitätsminderung erfolgen. Die benötigte Ausstattung der Transportfahrzeuge ist abhängig von den Ballenformaten und der zu beliefernden Kundengruppe (siehe auch Kap. 3.3.1).

## **Kunde**

Unabhängig von der Kundengruppe, wie z. B. Fertigteilhaushersteller oder „Häuslbauer“, muss bei der Weiterverarbeitung bzw. während des Einbaus der Strohballe auf der Baustelle für ausreichenden Schutz gegen Regen gesorgt werden. Die Lagerung beim Einbau muss ebenfalls im Trockenen erfolgen.

Strohballe können grundsätzlich in drei verschiedenen Richtungen eingebaut werden. Die Wahl der Einbaurichtung ist abhängig von der verwendeten Wandkonstruktion und den Abmessungen der Ballen. Im optimalen Fall erfolgt der Einbau der Baustrohballe aber in Pressrichtung, da so der beste Dämmwert erreicht wird.

Der Hohlraum zwischen den Holzständern muss von den Dämmstrohballen vollständig ausgefüllt werden. Es dürfen keine Stellen ohne Dämmmaterial bzw. keine Luftspalten zwischen Holzkonstruktion und Dämmstoff oder zwischen Dämmstoff und Dämmstoff vorhanden sein.

Alle Produktions- und Verarbeitungsschritte vom Anbau des Stroh bis zum Einbau der Ballen haben demnach Einfluss auf die Qualität des Dämmstoffs. Eine Zusammenstellung der beeinflussten Qualitätskriterien und eine Definition der entsprechenden Messparameter erfolgt im nächsten Kapitel. Mit dieser Definition wird die Grundlage für ein systematisches Qualitätsmanagement geschaffen.

## 4.2 Definition der Qualitätskriterien und Messparameter

Die Qualitätskriterien für den Einsatz von Strohbällen im Bausektor sind:

- Feuchte
- Dichte
- Maßhaltigkeit und Form
- Korngehalt
- Zusammensetzung bzw. Verunreinigung durch Beikräuter
- Mikrobieller Befall
- Schadstoffgehalt
- Strohart
- Pressdruck/Elastizität
- Schnürung
- Ballenaufbau
- Brandwiderstand
- Feuchteverhalten (langfristig)

Im Rahmen der Zertifizierung wurden diese Qualitätskriterien in Kooperation mit der Zulassungsstelle und dem beauftragten Prüfinstitut bereits definiert bzw. geprüft (vgl. Kap. 2.2.1, v. a. Tabelle 5). Einige der Kriterien sind jedoch für die Zertifizierung bzw. für das Qualitätsmanagement weniger relevant: Schadstoffgehalt und Pressdruck/Elastizität sind für Strohbälle, die als Dämmstoff (und nicht z. B. im lasttragenden Strohballenbau) eingesetzt werden, keine wesentlichen Faktoren. Zur Verbesserung des Ballenaufbaus besteht zwar noch Entwicklungspotenzial, für die Zertifizierung war dieses Kriterium jedoch ebenfalls nicht notwendig, eine Überprüfung ist daher auch im Qualitätsmanagement nicht gesondert erforderlich. Der Brandwiderstand ebenso wie das langfristige Feuchteverhalten wurden innerhalb der Erstprüfung durch ein Prüflabor getestet (s. Kap. 2.3.3), können und müssen aber aufgrund des hohen Aufwands nicht im Zuge der regelmäßigen Prüfmaßnahmen durch die Hersteller überprüft werden.

In der folgenden Tabelle 20 werden nun jedem der als relevant definierten Qualitätskriterien die entsprechenden Messparameter zugeordnet. Manche Kriterien können anhand verschiedener Parameter überprüft werden. Zusätzlich wird bereits angeführt, welche Messverfahren und Messgeräte jeweils infrage kommen. Eine Auswahl und nähere Beschreibung der ausgewählten Messverfahren und -geräte für die zertifizierten Dämmstrohbälle folgt im nächsten Kapitel.



Qualitätskriterium	Messparameter	Messverfahren	Beispiele für Messgeräte
Strohsorte	Getreideart/-sorte	Optisch: botanische Bestimmung	-
Restkornanteil	Anzahl Getreidekörner pro Ähre	Optisch	-
Grünes Beikraut	Freiheit von grünem Beikraut im Schwad	Optisch	-
Farbe	Farbsättigung	Optisch anhand Farbskala	-
Feuchte	Schwadfeuchte	Haptisch	-
	Wassergehalt im Stroh	Thermogravimetrisch	Trockenschrank, Infrarottrocknung, Mikrowellentrocknung
	Elektrische Leitfähigkeit, elektrischer Widerstand	Leitfähigkeitsmessverfahren	Humimeter FLW
	Reflexionen der Mikrowellen	Mikrowellenmessverfahren	HF-Sensoren
	Elektrische Kapazität	Kapazitives Messverfahren	Biomassefeuchtemessgerät (Fa. Schaller) – Humimeter
	Lufttemperatur, Luftfeuchte	Hygrometrisches Verfahren	Testo 635
Masse	Gewicht	Massebestimmung durch Wägen	Hängewaage, Plattenwaage etc.
Abmessungen	Länge, Breite, Höhe	manuell	Maßband, Teleskop-schiebelehre
		Ultraschall	Handelsübliches Messgerät, z.B. MeterMaster Laser Pro
		Laser	Handelsübliches Messgerät, z.B. Laserliner LRM 60
		Infrarot	Adaptierter Infrarot-Distanz-Sensor
Rohdichte	Masse; Länge, Breite, Höhe	Berechnung aus Masse und Abmessungen (Volumen)	Rechenhilfe für eine automatische Volumen- und Dichtebe-rechnung
Mechanische Bindung	Anzahl intakter Bindungen	Optisch	-

Tabelle 20: Messparameter, -verfahren und -geräte

### 4.3 Messgeräte – Prototypen-Teststand

Ziel ist die Entwicklung eines mobilen Prüflabors durch Auswahl und Optimierung von geeigneten Messgeräten für eine Kontrolle der entscheidenden Qualitätsparameter von Baustrohballen. Mögliche Messgeräte müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- mobil, um die Messung auf dem Feld zu ermöglichen
- anwendbar für Klein- und Großstrohballen
- einfache Handhabung
- genau
- einfache (elektronische) Datenspeicherung und Dokumentation

Für die Messung von Feuchte, Masse, Abmessungen und Wärmeleitfähigkeit wurden mehrere Verfahren und Geräte zu einem Teststand zusammengestellt und auf ihre Einsetzbarkeit überprüft. Diese Komponenten des Teststands sind in Abbildung 42 dargestellt und werden in den folgenden Kapiteln zusammen mit den entsprechenden Messverfahren beschrieben.

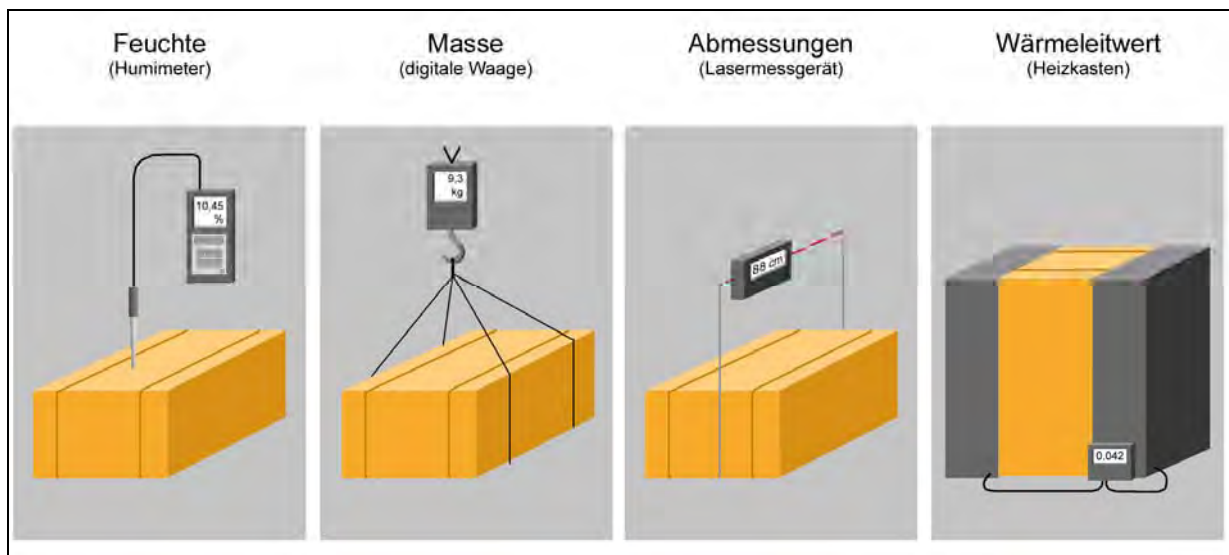


Abbildung 42: Prototypen-Teststand zur Überprüfung von Strohhallen

#### 4.3.1 Feuchtemessverfahren

Mit der Messung der Materialfeuchte von Strohhallen wird ein wesentlicher Qualitätsparameter überprüft. Für die Ermittlung des Wassergehalts in einem Stoff stehen verschiedene Messverfahren zu Verfügung. Grundsätzlich wird zwischen direkten und indirekten Materialfeuchtemessverfahren unterschieden. Aus der Gruppe der direkten Messverfahren sind thermogravimetrische Verfahren anwendbar, dazu zählt auch das bekannte Trockenschrankverfahren.

Indirekte Messverfahren beinhalten sechs Untergruppen, wobei vor allem die elektrischen, hygrometrischen, optischen und thermischen Verfahren für die Anwendung im Rahmen eines QM-Systems für Strohhallen interessant sind. (vgl. Kupfer, 1997, 19ff)

## Thermogravimetrische Verfahren (Direkte Verfahren)

### *Trockenschrankverfahren*

Das Trockenschrankverfahren, auch bekannt als Darr-Wäge-Trocknung, dient bei vielen indirekten Messmethoden als Referenzmessung, da es als genormtes Messverfahren über die beste Reproduzierbarkeit verfügt. Alternativ ist auch eine Anwendung der Mikrowellen- oder Infrarottrocknung möglich.

Das Verfahren beruht auf der quantitativen Trennung des Wassers von seinem Trägermaterial und funktioniert folgendermaßen: Das Material wird vor dem Trocknen abgewogen, dann bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, danach wird wiederum die Masse des getrockneten Materials ermittelt. Das bei der Trocknung verdunstete Wasser entspricht genau der Materialfeuchte und lässt sich mittels der Massendifferenz des Materials vor und nach dem Trocknungsvorgang berechnen.

$$W_g = \frac{m_f - m_t}{m_t}$$

$W_g$  = Gravimetrischer Wassergehalt

$m_f$  = Masse der feuchten Probe

$m_t$  = Masse der trockenen Probe

Die Massenkonzanz gilt als erreicht, wenn beim Wägen innerhalb mehrerer Stunden der Massenunterschied unter 0,1 % der zuletzt gewogenen Masse liegt. Die Trocknungstemperatur liegt meist bei 105 °C. Damit die Luftfeuchte im Trockenschrank nicht zu hoch wird und das Messergebnis verfälscht wird, muss eine ausreichende Konvektion gegeben sein.

Da die Messung nur im Labor durchgeführt werden kann, müssen die entnommenen Proben sofort in luftdichte Kunststoffbeutel verpackt werden, da ansonsten das Messergebnis ebenfalls verfälscht wird. (Kupfer, 1997, S. 46ff)

Diese Methode ist zur stichprobenweisen Überprüfung von Dämmstrohhallen im Labor geeignet und kann etwa im Rahmen der Fremdüberwachung sowohl für Klein- als auch für Großballen eingesetzt werden, für eine Qualitätskontrolle während der laufenden Produktion ist dieses Verfahren aber zu aufwendig und zu zeitintensiv.



Abbildung 43: Sorptionsproben im Klimaschrank

## Indirekte Verfahren

Bei den indirekten Feuchtemessverfahren werden Materialeigenschaften gemessen, die von der Feuchte abhängig sind. Die Problematik dabei ist, dass diese Eigenschaften auch von anderen Kenngrößen abhängig sind. Zum Beispiel ist die elektrische Leitfähigkeit neben der Feuchte auch von der Dichte, der Materialstruktur, dem Salzgehalt oder der Temperatur abhängig. Die Herausforderung bei der indirekten Messung besteht daher darin, den Feuchtegehalt aus der Vielzahl an Störgrößen zu isolieren. Dabei werden stoffspezifische Kalibrierungskurven als Grundlage erstellt (Kupfer, 1997, S. 63). Aus den potenziell anwendbaren Messverfahren werden hier im Folgenden das Leitfähigkeits-, das hygrometrische, das kapazitive und das Mikrowellenmessverfahren beschrieben.

### *Elektrische Leitfähigkeit*

Bei der Messung der Feuchte fester Stoffe wird meist der elektrische Widerstand gemessen, was einfach und schnell möglich ist. Dafür gibt es auch verschiedenste Geräte am Markt. Im mobilen Prüflabor wurde mit dem GANN-Meter ein solches Standardmessgerät für die Messung der Strohfeuchte adaptiert. Aus den unterschiedlichen Arten von Elektroden sind für die Anwendung im Strohbau die Stiftelektroden, die ins Material eingestochen werden, am besten geeignet. Bei den durchgeführten Messungen stellte sich heraus, dass Form und Anpressdruck der Messelektroden wesentlich für eine genaue Messung sind (vgl. auch Kupfer, 1997, S. 76). Ebenfalls notwendig für genaue Ergebnisse sind die Kalibrierungskurven, die bei modernen digitalen Messgeräten einprogrammiert sind und je nach gemessenem Material aufgerufen werden können (Kupfer, 1997, S. 78).

Mit dem Humimeter FLW, welches in Zusammenarbeit mit der Firma Schaller speziell für die Messung bei Strohballen neu kalibriert wurde, kann über die elektrische Leitfähigkeit eine quantitative Aussage über die Ballenfeuchte gemacht werden. Auch eine zuverlässige Lokalisierung von feuchten Stellen im Ballen ist möglich. Wegen der kurzen Einstellungszeit des Messwertes ist dieses Gerät besonders für eine Anwendung während der Produktion geeignet.



Abbildung 44: Links: Humimeter FLW-Messkoffer. Rechts: Humimeter FLW bei der Messung

### *Hygrometrisches Messverfahren*

Bei hygrometrischen Verfahren erfolgt die Feuchtemessung über den Effekt, dass sich in einem geschlossenen Hohlraum über einem feuchten Stoff nach einer bestimmten Zeit ein

Dampfdruckgleichgewicht zwischen Luft- und Materialfeuchte einstellt. Dieser material- und temperaturabhängige Zusammenhang kann durch die Sorptionsisothermen im Sorptionsfeuchtebereich beschrieben werden. Über eine Bestimmung der Luftfeuchte durch die Sorptionsisothermen können auf diese Weise mit dem Luftfeuchte-Ausgleichsverfahren Rückschlüsse auf die Materialfeuchte gezogen werden (vgl. Kupfer, 1997, S. 235).

Das Messverfahren wurde bereits mit dem Temperatur- und Feuchtemessgerät *testo 635* für die Anwendung bei Strohballen getestet. Die praktischen Tests wiesen jedoch einige Defizite des Messgerätes auf, die gegen die Anwendung zur Überprüfung von Baustrohballen sprechen. Zum einen ist es mit diesem Gerät nicht möglich, feuchte Stellen im Ballen zu lokalisieren, zum anderen gibt es wegen des großen Durchmessers der Prüflanze Probleme bei der Messung von höher verdichteten Strohballen. Aber vor allem die lange Einstellungszeit des Messwertes von mehreren Minuten spricht gegen den Einsatz während der Produktion.



Abbildung 45: Feuchtemessgerät testo 635

#### *Kapazitives Messverfahren*

Eine weitere Möglichkeit zur Messung der Feuchte ist die Anwendung des kapazitiven Messprinzips. Bei diesem Verfahren wird zwischen zwei Elektroden eines Kondensators ein hochfrequentes elektrisches Feld erzeugt, welches das zu messende Material zerstörungsfrei durchdringen kann. Die Kapazität des Kondensators ist abhängig von der Dielektrizitätskonstante (DK) des zu messenden Stoffes. Da Wasser eine sehr hohe DK von 80 besitzt, können dadurch schon geringe Mengen an Wasser in einem Stoff ermittelt werden (Kupfer, 1997, S. 85ff). Am Markt sind diese Geräte vor allem für die Messung von Schüttmaterialien in Verwendung.



Abbildung 46: Biomasse-Feuchtemessgerät für Schüttmaterialien



### *Mikrowellenmessverfahren*

Während für die Leitfähigkeitsmessung bei Stroh die Messelektroden in das Material eingestochen werden, kann beim Mikrowellenmessverfahren quasi „berührungslos“ gearbeitet werden, wodurch sich dieses Verfahren auch für die Online-Messung während des Pressvorgangs eignet. Elektromagnetische Wellen im Bereich zwischen 2,5 und 20 GHz werden ausgesandt, je nach Wassergehalt des Materials wird die Wellenenergie absorbiert, weitergeleitet oder reflektiert. Aus dem Verhältnis von Absorption, Transmission und Reflexion wird der volumetrische Anteil an Wasser im Messgut ermittelt. Die Messung ist weitgehend unabhängig von Farbe, Leitfähigkeit, Oberflächeneigenschaften und Wasserverteilung (Wernecke, 2003, S. 80ff).

Eine Messung mit dem Mikrowellensensor ist sowohl an der Oberfläche als auch im Volumen möglich. Interessant für die Anwendung im Strohballbau ist die Möglichkeit der Volumensmessung. Je nach Ausführung des Messkopfes und der Dichte des zu messenden Stoffes kann ein Volumen von wenigen cm<sup>3</sup> bis zu einem Bereich um 100 l gemessen werden, wodurch eine Messtiefe von bis zu einem Meter erreicht werden kann. Für Kleinballen sind die Mikrowellensensoren daher allerdings nur bedingt einsetzbar, da die Mikrowellen Ballen kleiner Formate vollständig durchdringen können und es dadurch zu einer Verfälschung des Messergebnisses kommen kann.

Für die Untersuchung der Anwendbarkeit von Mikrowellenfeuchtemessgeräten für Baustrohballen wurden zwei verschiedene Mikrowellen-Messköpfe getestet: zum einen das portable Messgerät „Moist 100“ mit dem Messkopf „Moist P“ und zum anderen der Prozess-Mikrowellen-Feuchtemesskopf „Moist PP“ für eine kontinuierliche Messung während der Produktion (siehe Abbildung 47 und Abbildung 48).



Abbildung 47: Mikrowellenfeuchtemessgerät „Moist 100“ mit Messkopf „Moist P“



Abbildung 48: Testmessung mit dem Prozess-Mikrowellen-Feuchtemesskopf „Moist PP“

Für die Messung der Feuchte bei Baustrohballen sind grundsätzlich beide Messköpfe verwendbar. Es zeigte sich jedoch, dass der Messwert wie beim Leitfähigkeitsverfahren durch den Anpressdruck und die Dichte der Baustrohballen beeinflusst wird. Da die Messköpfe aber bisher noch nicht für die Messung von Strohbällen verwendet worden sind, müssen sie nun zunächst auf die Dichte der Strohbälle eingestellt werden, um dann eine Kalibrierkurve für diesen Anwendungsfall zu erstellen. Nur auf diese Weise können exakte Messergebnisse erzielt werden.

### **Vergleich der Feuchtemessverfahren**

Bei einem Vergleich der Verfahren zeigt sich, dass eine Messung der Feuchte von Baustrohballen mit sämtlichen untersuchten Geräten möglich ist, sich aber nicht alle für den Einsatz bei einer laufenden Produktion eignen. Eine Messung nach dem thermogravimetrischen Verfahren ist z. B. nicht bei der Produktion auf dem Feld möglich, sondern kann nur in einem Labor durchgeführt werden.

Im Gegensatz zum direkten Verfahren sind die indirekten Messverfahren für den Einsatz auf dem Feld geeignet (siehe auch Tabelle 21). Nach dem aktuellen Stand der Entwicklung erzielte das Humimeter FLW mit der neu erstellten Kalibrierkurve die besten Ergebnisse, da es sehr kompakt und leicht zu bedienen ist und außerdem innerhalb von Sekunden relativ genaue Messergebnisse liefert, die elektronisch gespeichert werden können.

Im Vergleich zu diesem Messgerät benötigt das testo 635 mit einer Einstellzeit von mehreren Minuten relativ lange für die Ermittlung der Feuchte. Eine Messung der Feuchte von Strohbällen ist mit dem Humimeter BM1 nicht möglich. Die Anwendung des kapazitiven Messverfahrens beschränkt sich derzeit auf die Untersuchung der Feuchte von Schüttgütern und Altpapierballen. Einzig die Mikrowellensensoren bieten mit der berührungslosen Volumenmessung eine interessante Alternative für eine exaktere Feuchtebestimmung von ganzen Ballen. Bei diesem Messverfahren besteht jedoch zunächst noch Entwicklungsbedarf, da noch keine Kalibrierkurve für das Material Stroh vorhanden ist.

Messverfahren	Thermogravimetrisches Verfahren	Leitfähigkeitsverfahren	Hygrometrisches Verfahren	Kapazitives Messverfahren	Mikrowellenverfahren	
Messgerät	Trockenschrank	Humimeter FLW	Testo 635	Humimeter BM1	Moist P	Moist PP
Anwendbar für Kleinstrohballen	ja	ja	ja	nein***	ja*	nein
Anwendbar für Großstrohballen	ja	ja	ja**	nein***	ja	ja
Einzelmessung	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Prozessmessung	nein	nein	nein	nein	nein	ja
Elektronische Datenspeicherung	nein	ja	ja	ja	ja	ja
Messung auf dem Feld	nein	ja	ja	ja	ja	ja

\*abhängig vom Ballenformat

\*\*abhängig von der Dichte

\*\*\*derzeit nur für Altpapierballen und Schüttmaterialien am Markt

Tabelle 21: Vergleich der untersuchten Feuchtemessverfahren

#### 4.3.2 Bestimmung der Masse

Die Gewichtsmessung kann für Kleinballen mit einer Hängewaage und für Großballen mit einer an einem Frontlader befestigten Kranwaage durchgeführt werden. Alternativ kann eine Messung von Kleinballen z. B. aber auch wie in den nachfolgenden Abbildungen mit einer Bodenwaage erfolgen. Der Einsatz einer Bodenwaage ist jedoch nicht für eine Verwendung auf dem Feld geeignet, sondern nur für Gewichtsbestimmungen unter Dach, wie z. B. in einem Ballenlager oder in einem Labor.



Abbildung 49: Gewichtsbestimmung von Kleinballen mit Bodenwaagen

Moderne Pressen für die Herstellung von Großstrohballen sind hingegen bereits mit einem integrierten Wiegesystem ausgestattet.



### 4.3.3 Bestimmung der Abmessungen

Für die Überprüfung der Dichte der Strohballen ist eine Bestimmung der Abmessungen erforderlich. Diese können entweder manuell bestimmt werden oder mit einem elektronischen Distanzmessgerät. Die Berechnung der Entfernung erfolgt bei diesen Messgeräten meist mit einer Laufzeitmessung von akustischen oder elektromagnetischen Wellen.

Für die Zusammenstellung eines Prototypen-Teststandes wurden manuelle, Ultraschallwellen-, Laser- und Infrarotmessverfahren untersucht.

#### Manuelle Messung

Die manuelle Bestimmung der Abmessungen von Strohballen kann z. B. mit einem Maßband oder mit einer Teleskopschiebelehre, wie sie bereits im Rahmen eines mobilen Prüflabors für die Überprüfung von Klein- und Großballen angefertigt wurde, erfolgen.

#### Ultraschallmessung

Als Ultraschall bezeichnet man einen Schall mit Frequenzen in einem Bereich zwischen 20 kHz und 1,6 GHz. Eine Wahrnehmung der Schallwellen in diesem hohen Frequenzbereich ist für Menschen nicht möglich. Handmessgeräte für die elektronische Distanzmessung wie z. B. der Ultraschall-Entfernungsmesser MeterMaster Laser Pro werden schon seit langem zur Vermessung im Baubereich eingesetzt.



Abbildung 50: Ultraschall-Entfernungsmesser MeterMaster Laser Pro<sup>8</sup>

Die Ultraschallwellen-Längenmessgeräte funktionieren nach dem Prinzip der Laufzeitmessung. Vom Messgerät werden Schallwellen ausgesandt; wenn diese dann auf ein Objekt treffen, werden sie reflektiert, absorbiert oder gehen durch das Objekt hindurch. Über die reflektierten Schallwellen und die benötigte Zeit, welche diese bis zum Empfänger benötigen, ist eine Bestimmung der Entfernung zwischen Sender und Objekt möglich.

Wenn der Wandler im Messgerät gleichzeitig als Sender und Empfänger eingesetzt wird, ergibt sich eine theoretische minimale Messdistanz von 13,9 mm. Die handelsüblichen Distanzmessgeräte sind jedoch von einfacherer Bauart und in der Regel erst ab einem Messbe-

<sup>8</sup> <http://www.conrad.at/ce/de/product/829615/ULTRASCHALL-ENTFERNUNGSMESSER-METERMASTE/1510012>; abgerufen 25.06.2010; 11:20.

reich von ca. 0,6 m einsetzbar. Eine Vermessung von Kleinballen ist mit diesen Messgeräten nicht möglich.<sup>9</sup>

### **Lasermessung**

Im Vergleich zum Ultraschallwellen-Längenmessgerät können mit einem Laser-Entfernungsmesser nicht nur weite Entfernungen, sondern auch kurze Distanzen schnell und präzise bestimmt werden. Laserbasierte Messgeräte finden heute z. B. Anwendung bei der Landvermessung oder in der Fotografie. Es existieren aber auch kleine handliche batteriebetriebene Messgeräte, mit denen ohne großen Aufwand Entfernungen sehr präzise bestimmt werden können, wie z. B. das LaserRange Master LRM 60 (siehe Abbildung 51).



Abbildung 51: Links: Laser-Entfernungsmesser LaserRange Master LRM 60. Rechts: Vermessung eines Strohballens

Beim Lasermessverfahren wird die Entfernung über die Zeit ermittelt, die das reflektierte Licht von dem anvisierten Punkt zurück zur Sendequelle benötigt. Ein Vorteil gegenüber dem Ultraschallwellen-Messverfahren ist, dass die Messung mit einem Strahl von Punkt zu Punkt erfolgt und nicht durch sich kegelförmig ausbreitende Schallwellen, deren Signalstärke durch andere Gegenstände und Hindernisse geschwächt werden kann.

Der Entfernungsmesser LRM 60 ist durch seinen Messbereich von 0,3 bis 60 m, die automatische Flächen- und Volumenberechnung und die elektronische Datenspeicherung für die Vermessung von Klein- und Großballen geeignet. Dieses Messgerät hat bei durchgeführten Testmessungen sämtliche Anforderungskriterien erfüllt und ist durch seine kompakte Form und sein leichtes Gewicht auch für eine Verwendung auf dem Feld geeignet.

### **Infrarotmessung**

Infrarotsensoren werden unter anderem hauptsächlich als Entfernungsmesser im Nahbereich, z. B. für Kontroll- und Sicherheitslichtschranken, im Transportbereich, z. B. bei Flugzeugen, Zügen oder Autos, eingesetzt und eher weniger für die elektronische Distanzmessung mit Längenangabe. Eine solche Anwendung ist aber auch möglich, wie z. B. mit dem

---

<sup>9</sup> <http://www-user.tu-chemnitz.de/~maob/download/ultraschall.pdf>; abgerufen 25.06.2010; 12:27.

Distanz-Sensor Gp2y0a21yk0f der Firma SHARP mit einem Erfassungsbereich von 10 bis 80 cm (siehe Abbildung 52).

Dieser Sensor arbeitet nach dem Triangulationsprinzip. Das bedeutet, es wird nicht gemessen, wie viel Licht des gesendeten Infrarotstrahls reflektiert wird, sondern in welchem Winkel er reflektiert wird.

Für die Produktion von Baustrohballen wäre die Verwendung eines Distanz-Infrarotsensors möglich, jedoch müsste dieser vorher entsprechend adaptiert werden.



Abbildung 52: Distanz-Sensor Gp2y0a21yk0f der Firma SHARP<sup>10</sup>

### Vergleich der Messverfahren zur Bestimmung der Abmessungen

Bei einem Vergleich der untersuchten Messmethoden für die Bestimmung der Abmessungen von Baustrohballen erzielte der Laserliner LRM 60 die besten Ergebnisse.

Wie in der folgenden Tabelle zu sehen ist, eignen sich nur das manuelle Messverfahren und das Lasermessverfahren für die Bestimmung der Abmessungen von Groß- und Kleinballen. Das Lasermessgerät verfügt aber zusätzlich noch über die Möglichkeit einer elektronischen Datenspeicherung sowie einer automatischen Flächen- und Volumenberechnung. Die Ultraschall-Messgeräte verfügen ebenfalls über diese Option, sind aber im Gegensatz zu den Lasermessgeräten erst ab einer Distanz von 0,6 m einsetzbar und daher nicht für die Verwendung an Kleinballen geeignet. Ein Messgerät mit Infrarotsensoren ist in dieser Form nicht im Handel erhältlich, eine Adaptierung für die Vermessung von Kleinballen wäre aber möglich.

Messverfahren	Manuell	Ultraschall	Laser	Infrarot
Messgerät	Maßband, Teleskop-schiebelehre	MeterMaster Laser Pro	Laserliner LRM 60	adaptierter Sensor
Anwendbar für Klein-strohballen	ja	nein	ja	ja
Anwendbar für Groß-strohballen	ja	ja	ja	nein
Elektronische Datenspei- cherung	nein	ja	ja	-
Automatische Flächen- und Volumenberechnung	nein	ja	ja	-
Messung auf dem Feld	ja	ja	ja	-

Tabelle 22: Vergleich der untersuchten Distanzmessverfahren

<sup>10</sup> <http://www.voelkner.de/products/159769/Distanz-Sensor-Gp2y0a21yk0f.html>; abgerufen 23.06.2010; 16:48.

#### 4.3.4 Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit

##### Heizkasten

Unter Verwendung der ÖNORM EN 1934 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Messung des Wärmedurchlasswiderstandes – Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser – Mauerwerk“ wurde ein Heizkasten gebaut und die Wärmeleitfähigkeit nach dem in der Norm beschriebenen Heizkastenverfahren bestimmt.



Abbildung 53: Links: Heizkasten im Betrieb mit eingespannter Probe und Abluftelementen auf der Kaltseite. Rechts: Luftleitblech auf der Kaltseite

Der Heizkasten besteht im Prinzip aus einer Warmseite und einer Kaltseite mit jeweils einer Luftkammer. Die beiden Kammern werden von dem zu untersuchenden Probekörper voneinander getrennt. Dadurch werden die Randbedingungen eines Probekörpers zwischen zwei unterschiedlichen Umgebungen unter stationären Bedingungen nachgebildet. Mithilfe eines Wärmestrommessers kann der Wärmedurchlasswiderstand von einer Oberfläche zur anderen Oberfläche des Probekörpers gemessen werden. Da jedoch die an den Oberflächen des Probekörpers ausgetauschte Wärme sowohl Konvektions- als auch Strahlungsanteile enthält, ist eine Voraussetzung für die Messung, dass die Temperaturen und Luftgeschwindigkeiten in beiden Kammern so konstant wie möglich sind. (EN 1934, 1998)

Die Kalibrierung des Heizkastens wurde mit dem homogenen Dämmstoff XPS durchgeführt, da für diesen bereits ein bekannter Wert für die Wärmeleitfähigkeit von  $0,035 \text{ W/mK}$  vorliegt. Aufgrund der Abweichung von dem gemessenen Wert konnte ein Umrechnungsfaktor von 1,25 für den Heizkasten ermittelt werden. Es ist aber anzumerken, dass dieses Prüfgerät keiner offiziellen Eichung unterzogen wurde und die Messergebnisse daher nur zur Abschätzung der Wärmeleitfähigkeit von Strohballen dienen.

Die Messungen des Heizkastens wurden mit konditionierten Proben (Lagerung im Trockenschrank bei  $70^\circ\text{C}$  bis zur Massenkonstanz) durchgeführt.

Probe	Länge [m]	Breite [m]	Höhe [m]	Gewicht* [kg]	Dichte trocken* [kg/m <sup>3</sup> ]	Heizkasten [W/mK]	λ**
Stroh 1	0,244	0,244	0,055	0,260	79,40	0,038	<b>0,048</b>
Stroh 2	0,244	0,244	0,050	0,209	70,21	0,038	<b>0,047</b>
Stroh 3	0,244	0,244	0,055	0,253	77,26	0,038	<b>0,048</b>
Stroh 4	0,244	0,219	0,055	0,241	82,00	0,037	<b>0,047</b>
Stroh 5	0,244	0,244	0,055	0,281	85,82	0,036	<b>0,045</b>
XPS	0,300	0,300	0,050	0,176	35,05	0,028	<b>0,035</b>

\* Probe getrocknet bei 70 °C

\*\* mit Kalibrierfaktor XPS 1,25

Tabelle 23: Messergebnisse des Heizkastens – Wärmeleitfähigkeit der Strohproben in Pressrichtung

Für die Herstellung eines Probekörpers für die Wärmeleitfähigkeitsmessungen wurde der Strohballen zunächst geöffnet, aus einer Pressschicht wurde dann mit einer Bandsäge ein Muster entnommen. Nach Einbringung in die Probekörperhalterung wurde die Probe mithilfe eines Metallgitters anschließend leicht verdichtet (Abbildung 54).



Abbildung 54: Strohprobe in Halterung für die Wärmeleitfähigkeitsmessung mit dem Heizkasten.  
Links: Ansicht von oben. Rechts: Ansicht von der Seite

Wie die Werte in Tabelle 23 zeigen, wurden die Messungen mit Proben im Dichtebereich von 70 bis 86 kg/m<sup>3</sup> durchgeführt und ergaben Werte für die Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,045 und 0,048 W/mK. In der nachfolgenden Abbildung 55 ist ein deutlicher Trend bezüglich der Abhängigkeit von Dichte und Wärmeleitfähigkeit zu erkennen. Mit zunehmender Dichte verbessert sich die Dämmeigenschaft des Materials. Die leichten Abweichungen der Messergebnisse von dieser Trendlinie vor allem die der Strohprobe 2 könnten auf den individuellen Halmwuchs von Stroh oder auf eine leicht veränderte Lage der Halme im Ballen zurückzuführen sein. Da entsprechend der ÖNORM B 6015 – Teil 2 ein Feuchtezuschlag von 20 % für Nachwachsende Rohstoffe anzugeben ist bzw. Messungen mit konditionierten Proben bei 23 °C und 80 % r.F. durchzuführen sind, um die Ausgleichsfeuchte zu berechnen, ist für die Zertifizierung in jedem Fall eine Produktion mit höher verdichteten Baustrohballen anzustreben.



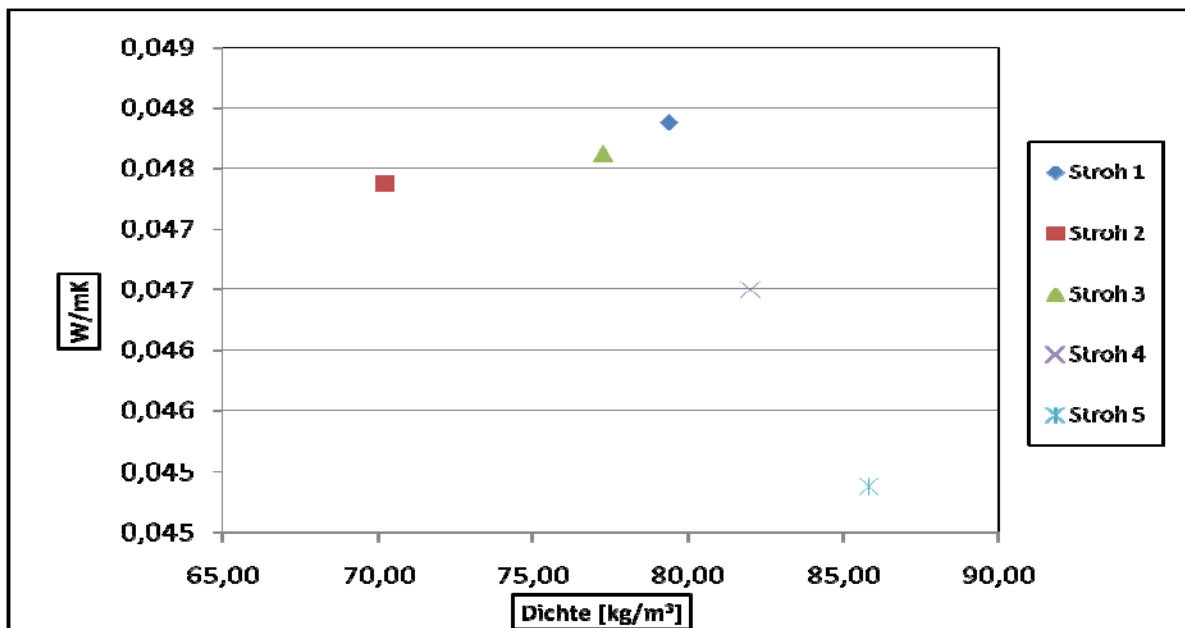


Abbildung 55: Wärmeleitfähigkeit von Weizenstroh in Pressrichtung

#### 4.3.5 Bewertung des Prototypen-Teststands

Mit dem Lasermessgerät ist eine elektronische Distanzmessung mit einer automatischen Volumenberechnung möglich, und auch mit dem neu entwickelten Humimeter ist eine schnellere und exaktere Bestimmung der Strohfeuchte im Ballen möglich als z. B. mit dem GANN-Meter. Für die Überprüfung der Wärmeleitfähigkeit der Ballen und der Auswirkungen von Optimierungsmaßnahmen des Dämmstoffes Strohballen eignet sich der entwickelte Heizkasten, wie im Praxistest ermittelt wurde.

Da es sich bei Baustrohballen um ein neues Produkt handelt, müssen bereits vorhandene Messgeräte für die Verwendung an diesem Material entsprechend adaptiert und kalibriert werden. Folglich gibt es auch nicht *ein* einzelnes Messgerät, das für alle zu überprüfenden Parameter geeignet ist. Aufgrund der unterschiedlichen verwendeten Software der einzelnen Prüfgeräte wäre es eines der nächsten Ziele, die Datenkompatibilität weiter zu verbessern.

## 4.4 Qualitätshandbuch

Im Zuge des Zulassungsverfahrens für die ÖTZ wurde ein Qualitätshandbuch erstellt, das die Regeln für das Qualitätsmanagement der zertifizierten Dämmstrohballe enthält. Zum Qualitätshandbuch (QH) gehören auch die Verfahrensanweisungen (VA), Prüfanweisungen (PA), Checklisten (CL) und Verzeichnisse (VZ).

Ab Beginn der Dämmstoffproduktion muss eine Überwachung der Produktqualität erfolgen. Diese besteht aus einer Eigen- und einer Fremdüberwachung. Die Eigenüberwachung soll dem Produzenten helfen, die geforderten Qualitäten der Strohballe laufend zu prüfen und bei Mängeln sofort Maßnahmen zur Problembehebung setzen zu können. Die Aufgabe der Fremdüberwachung ist es, die im Zertifizierungsverfahren festgelegten und bei der Materialprüfung erreichten Qualitäten an Stichproben aus der laufenden Produktion zu kontrollieren und zu verifizieren.

Die Eigenüberwachung entspricht der sogenannten werkseigenen Produktionskontrolle (WPK), in welcher der Hersteller die Qualität seiner Produkte kontinuierlich gemäß den entsprechenden Verfahrens- und Prüfanweisungen und Checklisten selbst überprüft und dokumentiert.

Die Dokumentation der Produktionsvorgänge, des Transports und auch der Prüfvorgänge zur Qualitätssicherung muss ausreichend und gut nachvollziehbar sein. Zu diesem Zweck ist im Qualitätshandbuch vorgesehen, dass ein Werkstagebuch geführt wird, in dem sämtliche Aufzeichnungsdokumente gesammelt und außergewöhnliche qualitätsrelevante Vorkommnisse notiert werden. In der Dokumentation muss auch jeweils eine für die Aufgabe verantwortliche Person angegeben werden. Qualitätsrelevante Informationen und Daten der einzelnen Produktionsschritte werden in Form von Protokollen (Checklisten) festgehalten.

Die Prüfergebnisse und Dokumentationen der Eigenüberwachung werden bei der Fremdüberwachung lückenlos dargelegt.

#### 4.4.1 Werkseigene Produktionskontrolle

Die werkseigene Produktionskontrolle ist gegliedert in Rohstoffkontrolle und Produktkontrolle mit je eigenen Prüfanweisungen (PA01.1 bzw. PA02.1) sowie Produkt-Eingangskontrolle und Produkt-Ausgangskontrolle (gemäß PA02.1).

Die Rohstoffkontrolle betrifft die Überprüfung von Qualitätskriterien am Rohstoff vor Beginn der Produktion, die Produktkontrolle ist die Prüfung des Strohballens beim Herstellungsprozess. Diese beiden Prüfungen werden vom Landwirt selbst durchgeführt. Werden die Ballen zentral zwischengelagert oder mit einer stationären Presse hergestellt, erfolgt dort bei der Produktannahme die Produkt-Eingangskontrolle; beim Produktausgang des versandfertigen Endprodukts wird eine Produkt-Ausgangskontrolle durchgeführt, wobei jeweils die Kriterien der Produktkontrolle überprüft werden (vgl. Tabelle 24; für eine Liste der festgelegten Materialkennwerte und Produkteigenschaften siehe Tabelle 5).

Rohstoffkontrolle	Produktkontrolle
Strohsorte	Masse
Restkornanteil	Abmessungen
Grünes Beikraut	Rohdichte
Farbe	Farbe
Feuchte	Feuchte
	Mechanische Bindung

Tabelle 24: Zu überprüfende Qualitätskriterien gemäß Prüfanweisungen (PA01.1 und PA02.1)

Sollten bei der werkseigenen Produktionskontrolle Mängel festgestellt werden, sind entsprechende Maßnahmen einzuleiten (gemäß der Verfahrensanweisung VA05.1 „Lenkung fehlerhafter Produkte“).

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle werden aufgezeichnet und ausgewertet. Die Aufzeichnungen enthalten folgende Angaben:

- Bezeichnung des Produktes und der Ausgangsmaterialien
- Art der Kontrolle oder der Prüfung

- Datum der Herstellung des Produktes
- Datum der Kontrolle oder der Prüfung
- Ergebnis der Kontrolle oder der Prüfung
- Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des Verantwortlichen

#### **4.4.2 Verfahrensanweisungen für Lagerung, Transport und Einbau**

Das QM soll sowohl innerhalb der Produktion klare Vorgaben geben als auch für die nachfolgende Verarbeitung, also für Lagerung und Transport sowie Einbau der Strohballen auf der Baustelle. Die entsprechenden Verfahrensanweisungen wurden in Kooperation mit dem Prüfinstitut und der Baubehörde erarbeitet und bilden einen Teil der Österreichischen Technischen Zulassung (als VA04.1 und VA06.1).

Generell ist während der Lagerung und bei jedem Transport der Ballen sicherzustellen, dass die Qualität erhalten bleibt und es zu keiner Minderung z. B. durch Witterungseinflüsse oder mechanische Beschädigung kommt. Die Materialfeuchte der Strohballen soll 14 % nicht übersteigen. Die Ballen sind dementsprechend unter Dach zu lagern und gegen aufsteigende Feuchtigkeit zu schützen; sollte eine Lagerung ohne Schutz vor aufsteigender Feuchtigkeit stattfinden, sind die zuunterst liegenden Ballen nicht für Bauzwecke zu verwenden. Das Lagerklima ist zu kontrollieren und dokumentieren.

Auch während des Transports sind die Strohballen gegen Feuchtigkeit zu schützen – mittels geschlossener Wägen, Abdeckung oder Verpackung (ausgenommen können kurze Transportstecken sein, z. B. vom Feld ins Lager).

Die zertifizierten Strohballen können zur Dämmung von Wand, Decke und Dach eingebaut werden. Der Einbau der Strohballen darf nur in von befähigten Architekten und Planern geplanten Konstruktionen erfolgen. Mögliche Konstruktionsvarianten, die nach bauphysikalischen Kriterien optimiert wurden, wurden bereits in Kap. 2.2.2 beschrieben. Der Einbau muss von geschultem Personal erfolgen.

Wichtig sind für den Einbau folgende qualitätssichernde Maßnahmen:

- Der Einbau der Strohballen in Pressrichtung muss überprüft werden, die Richtung ist durch entsprechende Markierungen oder andere Informationen für den Verarbeiter erkennbar zu machen. Die folgende Abbildung zeigt die optimale und die beiden anderen möglichen Einbaurichtungen. Bei der ersten Einbaurichtung gilt der in der ÖTZ angegebene Wärmeleitwert (Bemessungswert, 0,049 W/mK; vgl. Kap. 2.4.8). Bei den beiden letzteren ist mit einer geringeren Wärmedämmung zu rechnen.



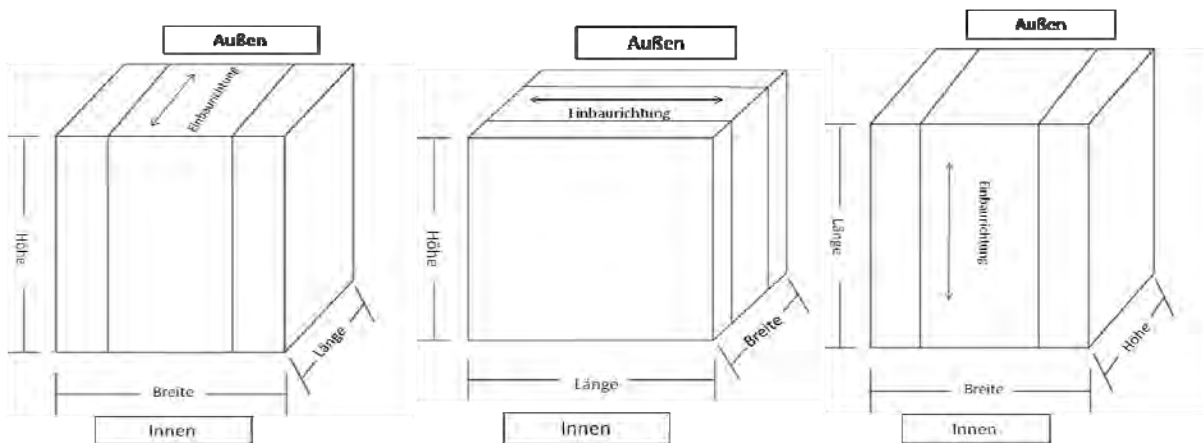


Abbildung 56: Links: optimale Einbaurichtung; Mitte und rechts: weitere mögliche Einbaurichtungen

- Der eingebaute Strohballen muss den Hohlraum zwischen den Holzständen komplett ausfüllen. Es dürfen keine Stellen ohne Dämmmaterial bzw. keine Luftspalten zwischen Holzkonstruktion und Dämmstoff oder zwischen Dämmstoff und Dämmstoff vorhanden sein. Falls doch, dann muss mit Stroh ausreichend nachgestopft werden, um die Hohlräume mit Dämmmaterial in annähernd gleicher Dichte wie im Strohballen auszufüllen.
- Während des Einbaus muss für ausreichenden Schutz gegen Regen gesorgt werden.
- Die Lagerung der Strohballen muss ebenfalls im Trockenen erfolgen.

#### 4.4.3 Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit

Betrachtet man die Gewährleistungsfristen in der Baubranche, so ist ein gut funktionierendes Rückverfolgbarkeitssystem unerlässlich. Gerade bei Dämmstrohbällen ist es wesentlich, eine Unterscheidung zu herkömmlichen Strohbällen zu schaffen.

Innerhalb des Qualitätsmanagements ist daher darauf zu achten, dass zum einen Fehler und Mängel so bald wie möglich erkannt werden und die Verantwortlichen ausfindig gemacht werden können. Zum anderen müssen die fehlerhaften Produkte sofort vom Markt genommen werden und die Fehlerquelle eruiert und beseitigt werden. Treten also Mängel bei einem Produkt auf, so muss auf diesem Produkt, egal wann der Mangel entdeckt wird, die entsprechende Information vorhanden sein, damit eine komplette Rückverfolgbarkeit bis zum Produzenten möglich ist. Dafür ist die Entwicklung eines lückenlosen Rückverfolgbarkeitssystems erforderlich. Solche Systeme sind aus der Autoindustrie oder der Lebensmittelbranche bekannt und auch gesetzlich vorgeschrieben.

Die ISO 9001 für Qualitätsmanagement betrifft die Punkte Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit und fordert von einem Unternehmen:

- Kennzeichnung des Produktes mit geeigneten Mitteln während der ganzen Produktrealisierung,
- Kennzeichnung des Produktstatus in Bezug auf Überwachungs- und Messanforderungen,

- Lenkung und Aufzeichnung einer eindeutigen Kennzeichnung des Produktes, wenn Rückverfolgbarkeit gefordert ist.

Alle Dämmstrohballe können daher mittels einer Markierung gekennzeichnet werden, auch um sie von herkömmlichen Strohbällen zu unterscheiden. Eine Möglichkeit der Kennzeichnung ist die Markierung der Balle mit einer ökologischen Farbe (siehe Abbildung 57). Nach Rücksprache mit der Baubehörde ist die Markierung jedoch keine Voraussetzung. Es reicht die mitgeführte Dokumentation (z. B. Lieferschein).



Abbildung 57: Markierte Strohballe

Zusätzlich erhält jede Liefereinheit eine Nummer, die auch in den entsprechenden Begleitdokumenten zu finden sein muss.

Je mehr Produktionsschritte und je mehr Bestandteile für ein Produkt notwendig sind, desto umfangreicher wird das Rückverfolgbarkeitssystem. Für die Realisierung eines solchen Systems gibt es verschiedene technische Lösungen, angefangen von Etikettierungen und Informationen direkt auf dem Produkt bzw. der Verpackung bis hin zu elektronischen Systemen, z. B. RFID. Letzteres soll aufgrund seines Potenzials für eine effiziente Überwachung näher betrachtet werden.

### **RFID – Radio Frequency Identification**

In der ISO 9004 wird angeführt, dass ein Rückverfolgbarkeitssystem auch über die genannten Anforderungen an Produktkennzeichnungen hinausgehen kann, wenn dadurch eine Leistungsverbesserung erzielt wird. Entsprechend den (sicherheits)technischen, wirtschaftlichen, vertraglichen oder behördlichen Rahmenbedingungen kann die Kennzeichnung erweitert werden (vgl. *Wegner-Hambloch, 2003, S. 19f*).

Es wurden daher auch für dieses Projekt weitergehende Überlegungen angestellt, wie die Überwachung und Rückverfolgbarkeit der Dämmstrohballe verbessert werden kann. Besonders in Hinblick auf eine Produktion im größeren Maßstab sind effiziente und verlässliche Überwachungssysteme notwendig. Dafür bietet sich die Möglichkeit an, die Strohballe elektronisch zu kennzeichnen und damit jederzeit Zugriff auf aktualisierte Daten zu haben.

Eine solche technische Möglichkeit ist RFID. Darunter versteht man ein System, mit dem über Funk Daten von Objekten ausgelesen und abgespeichert werden können, ohne dass eine Berührung oder ein visueller Kontakt notwendig ist (vgl. Infrarot).

Das RFID-System besteht aus drei Komponenten:

- dem RFID-Transponder, der an dem zu identifizierenden Objekt angebracht wird,
- dem Lese- bzw. dem Schreibgerät und
- den verwendeten Funkfrequenzen.

Mit diesem System können einzelne Strohballen leicht identifiziert und verfolgt werden. Für die lückenlose logistische Abwicklung zwischen Herstellung, Transport, Lagerung und Einbau der Ballen ist RFID daher eine interessante Methode.

(Vgl. *RFID-Journal*, [www.rfid-journal.de](http://www.rfid-journal.de), abgerufen 29.06.2009; 16:14)

Besonders geeignet für die Anwendung bei Baustrohballen ist z. B. das kompakte UHF-Schreib- und Lesegerät UDL250 der Firma deister electronic. Die Systeme dieser Baureihe eignen sich besonders zur Identifizierung von stehenden und bewegten Objekten aus verschiedenen Entfernungen. Der UDL250 verfügt über ein intelligentes Antennenkonzept, wodurch es ihm möglich ist, auch besonders schlecht positionierte Transponder auf eine Reichweite von bis zu vier Metern zu identifizieren.

Eine Befestigung der Transponder kann z. B. an der mechanischen Bindung der Baustrohballen erfolgen, aber auch eine Einbringung zwischen zwei Pressschichten während des Pressvorgangs wäre denkbar. In jedem Fall würde bei einem Massenprodukt wie dem Baustrohballen allein aus rein wirtschaftlichen Gründen nur ein passiver Transponder verwendet werden, der keine eigene Energiequelle besitzt, da diese zum einen um ein vielfaches günstiger und zum anderen wesentlich kleiner als aktive Transponder sind. Ein möglicher Transponder, der sich für diese Anwendung eignet, ist z. B. der UPM Raflatac DogBone (siehe Abbildung 58).



Abbildung 58: Transponder UPM Raflatac DogBone

Sollten die Baustrohballen z. B. auf Paletten gestapelt und transportiert werden, bietet sich mit diesem System die Möglichkeit, die exakte Produktanzahl zu erfassen und gleichzeitig die auf den Transpondern gespeicherten Daten in elektronischer Form auszulesen.

## 5 Dissemination

Um die Möglichkeiten der Strohballendämmung über den Projektrahmen hinaus bekannt zu machen und eine breitere Umsetzung im Bausektor anzustoßen, wurden verschiedene Disseminationsmaßnahmen durchgeführt. Bereits während des Projekts wurden die Zwischenergebnisse laufend auf Veranstaltungen und Messen präsentiert, sodass regelmäßig Feedback von Fachleuten eingeholt werden konnte und potenzielle Anwender über die Strohballendämmung informiert wurden. Für diesen Zweck wurde Informationsmaterial hergestellt und auch über die Internetplattform [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com) verbreitet. Auszeichnungen bzw. Nominierungen des Projekts (Energy Globe Award Vienna 2009 und Meilenstein 2010) zeigten einer größeren Öffentlichkeit, dass die Ergebnisse – Zertifizierung, Logistik und Qualitätsmanagement für die Strohballendämmung – einen zukunftsächtigen Schritt zur Umsetzung umwelt- und klimaschonender Bauweisen bedeuten.

### 5.1.1 Informationsplattform und Informationsmaterial

Die Informationsplattform auf [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com) wurde in den letzten Jahren als zentrale Anlaufstelle für Fragen zu Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen aufgebaut. Dem Strohbau wird dabei besonderes Augenmerk gewidmet, sowohl auf dem Infoknoten für Baustoffe als auch im Infopool für Bio-Werkstoffe. Redaktionelle Berichte und Veranstaltungshinweise sind neben einem Forum und einer Produkt- und Unternehmensdatenbank wichtige Elemente für die Verbreitung des Strohbaus in Österreich. Das Forum wird auch auf europäischer Ebene genutzt und zweisprachig (Englisch, Deutsch) geführt. Hier können sich Anwender, Entwickler und Produzenten untereinander austauschen und vernetzen. Zwischenergebnisse und Neuigkeiten zum Thema Strohballenbau wurden auf [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com) mehrmals veröffentlicht (siehe als Beispiele Abbildung 59 und Abbildung 60).





Abbildung 59: Beispiel für einen redaktionellen Beitrag auf www.nawaro.com; abgerufen 07.05.2009



Abbildung 60: News im Infopool für Bio-Werkstoffe; abgerufen 02.06.2010

Neben der Informationsverbreitung auf der Internetplattform wurden auch weitere Medien genutzt, um über Strohballendämmung und die Zertifizierung von Strohballen zu informieren. Für Messen und andere Veranstaltungen wurden Plakate sowie ein Infopolder produziert, in denen die wesentlichen Zwischenergebnisse des Projekts anschaulich dargestellt wurden. Dem Infopolder beigelegt wurde ein Anmeldeformular für Interessierte, die auch weiterhin aktuelle Informationen zum Projekt erhalten wollten (siehe Abbildung 61 und Anhang).



Abbildung 61: Informationstisch und Plakatwände auf der Messe Ried 2009

### 5.1.2 Veranstaltungen

Zu den selbst durchgeführten Veranstaltungen, die für die Verbreitung von Informationen zum Strohballenbau genutzt wurden, zählten u.a.:

- Beratungsgespräch im IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH, OÖ, Juni 2008
- Infoveranstaltung für Studierende der FH Kuchl und der Universitäten Venedig, Triest und Udine, September 2008
- Beratungsgespräch für Regionalmanagement Vöcklabruck, Oktober 2008 (Gemeindevorteiler, Kulturverein, LEADER Manager)
- Informationsveranstaltung im Rahmen der „Tage des Passivhauses“, November 2008
- Informationsveranstaltung für die Bauberater der oberösterreichischen Lagerhäuser im Rahmen der Ausbildung zum Energieberater bei der „umweltberatung“, Februar 2009
- regelmäßige Veranstaltungen und Führungen durch das strohballengedämmte S-HOUSE (TeilnehmerInnen: national und international tätige ArchitektInnen, Bauträger, Vertreter von Passivhaus-Initiativen, Studierende, EnergieberaterInnen, internationale WissenschaftlerInnen uvm.)

Ein Vortrag für die EnergieberaterInnen des Energiesparverbandes (ESV) OÖ resultierte in der Aufnahme von Strohballen in die Förderliste für Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen des Landes OÖ.

### 5.1.3 Messen und Konferenzen

Auf Fachmessen und -konferenzen kann ein großes Publikum angesprochen werden, das einerseits aus Fachleuten, z. B. ArchitektInnen, andererseits aus interessierten Privatperso-



nen besteht, die beispielsweise den Bau eines ökologischen Passivhauses vorhaben. Vorträge und Diskussionen auf diesen Veranstaltungen bieten die Möglichkeit, Wissen und Know-how auszutauschen und zu erweitern.

Mehrere Veranstaltungen dieser Art wurden im Laufe des Projekts genutzt, um das Potenzial von Strohballen als Bau- und Dämmstoff zu zeigen und Zwischenergebnisse aus dem Projekt zu präsentieren und zu diskutieren. Dazu gehörten folgende Messen in Ober- und Niederösterreich:

- Internationale Landwirtschaftsmesse (Rieder Messe) 2009
- Bau und Energie (Messe Wieselburg) 2009
- Böhmerwaldmesse 2009

Auf diesen Messen wurde jeweils ein eigener Stand aufgebaut, an dem mithilfe von Postern, Strohballenaufbauten und weiterem Informationsmaterial die Forschungsergebnisse gezeigt wurden und interessierte BesucherInnen zu den Themen Strohballenbau und ökologische Passivhäuser beraten wurden.

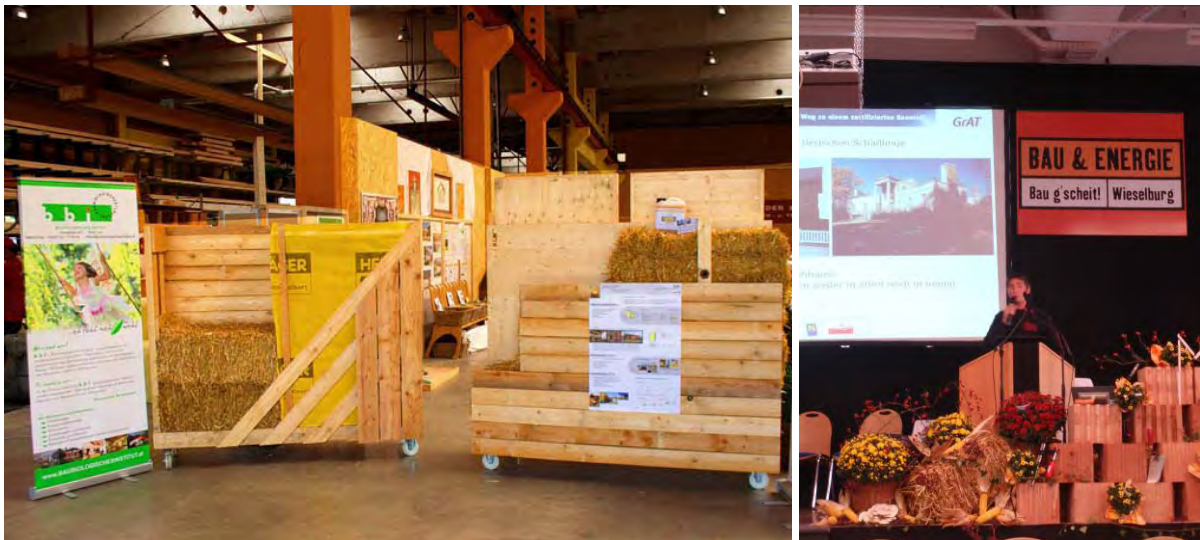


Abbildung 62: Links: Informationsstand auf der Böhmerwaldmesse 2009; rechts: Vortrag von Sören Eikemeier (GrAT) auf der Wieselburger Messe 2009



Abbildung 63: Informationsstand auf der Rieder Messe 2009

Weiters wurde als internationale Fachveranstaltung das European Straw Bale Gathering (ESBG) 2009 in Belgien besucht, wo das Projekt Stroh-Cert ebenfalls in einem Vortrag prä-

sentiert wurde. Auf dieser Veranstaltung konnten die Zwischenergebnisse des Projekts auch mit Vertretern des FASBA (Fachverband Strohballenbau Deutschland e. V.) diskutiert werden, der ebenfalls an der weiteren Verbreitung des Strohballenbaus arbeitet und in Deutschland bereits die Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung von Strohballen als Baustoff erreicht hat (vgl. Kap. 2.1.3).



Abbildung 64: Präsentation des Projekts Stroh-Cert beim ESBG 2009

#### 5.1.4 Anbahnung von Pilotprojekten

Die Anbahnung von größeren Pilotprojekten stellt ebenfalls einen wichtigen Beitrag für die Verbreitung des Strohbaus dar und bietet außerdem die Möglichkeit, die Entwicklungsergebnisse in der praktischen Anwendung zu testen und zu optimieren.

Mit dem „Team Strohlogistik“ wurden im Rahmen des Projekts bereits wichtige Akteure und erfahrene Experten eingebunden, mit dem Ziel, den Rohstoff Stroh weiterzuentwickeln und das regionalwirtschaftliche Potenzial zu nutzen. Die Mitglieder des „Teams Strohlogistik“ sind wesentliche Multiplikatoren und können durch ihre Projekteinbindung die Ergebnisse aktiv selbst umsetzen.

Information und Unterstützung wurde darüber hinaus für mögliche Umsetzungs- und Pilotprojekte geboten. Zu diesem Zweck fanden unter anderem eine Informationsveranstaltung für Landwirte im Februar 2008 an der HLFS St. Florian sowie eine Fachexkursion in Oberösterreich im Mai 2008 statt.

#### Berufs- und Fachschule Ritzlhof (OÖ)

Mit der geplanten Dämmung der obersten Geschoßdecke der Landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschule Ritzlhof in Oberösterreich wurde bereits ein wichtiges Pilotprojekt im öffentlichen Bereich begonnen (siehe Abbildung 65). Die Baustrohballen für die 255 m<sup>2</sup> große Fläche wurden entsprechend den Qualitätsanforderungen produziert und eingelagert und werden, sobald mit den Sanierungsarbeiten begonnen wird, mit einem Transporter eines Logistikunternehmens ausgeliefert.





Abbildung 65: Schulgebäude der Landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschule Ritzlhof von 1875  
(Quelle: <http://www.ritzlhof.eduhi.at>; abgerufen 20.08.2010)

An weiteren Unternehmen und Privatpersonen, die den Einsatz zertifizierter Dämmstrohbällen für zukünftige Projekte in Erwägung ziehen, konnten auf nationaler Ebene private Bauherren (Ober- und Niederösterreich sowie weitere Bundesländer) gewonnen werden und auf internationaler Ebene private Bauherren aus Frankreich und Belgien sowie Bauträger aus Slowenien.

### 5.1.5 Preise und Nominierungen

Dass die Zertifizierung von Strohbällen als Dämmstoff, zusammen mit Konzepten für Logistik und Qualitätsmanagement, eine zukunftssträchtige Entwicklung darstellt, wurde auch durch offizielle Auszeichnungen des Projekts deutlich. Beim Energy Globe Award Vienna 2009 erreichte das Projekt Stroh-Cert den dritten Platz – und wurde damit als einziges Projekt aus der Kategorie „Erde“ ausgezeichnet. Auch für den „Meilenstein – Dr. Erwin Pröll Zukunftspreis 2010“ wurde Stroh-Cert aus insgesamt 130 Projekten unter die drei Nominierten der Kategorie „Innovation“ gewählt.



Abbildung 66: Auszeichnung des Projekts Stroh-Cert beim Energy Globe Award Vienna 2009 (links) und Nominierung beim Meilenstein 2010 (rechts)

## 6 Zusammenfassung, Ausblick und Empfehlungen

Ziel des Projektes Stroh-Cert war es, den Strohbau als eine professionelle und ökologische Alternative zu konventionellen Bautechnologien in der vorwettbewerblichen Phase weiterzuentwickeln. Aufbauend auf den Ergebnissen von Vorstudien im Rahmen des Impulsprogramms „Nachhaltig Wirtschaften“ und auf nationalem und internationalem Know-how wurden Lösungen und Konzepte für die Bereiche Zertifizierung, Logistik und Qualitätsmanagement entwickelt. Darüber hinaus wurden mit der Informationsverbreitung über Strohbau und den Dämmstoff Strohballen Bekanntheitsgrad und Professionalität dieser Bauweise erhöht. Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsbereiche des Projekts sowie entsprechende Empfehlungen für die Weiterentwicklung sind im Folgenden zusammengefasst.

### Zertifizierung

Im Rahmen des Projekts wurde das Verfahren zur Erlangung der Österreichischen Technischen Zulassung (ÖTZ) für Strohballen als Dämmstoff („S-HOUSE Ballen“) durchgeführt. Das Ergebnis positioniert Strohballen als genormtes Produkt am Dämmstoffmarkt. Mit der ÖTZ ist der Dämmstoff Strohballen für den Einbau in Wand-, Decken- (oberste Geschoßdecke) und Dachkonstruktionen zugelassen.

Für die Zertifizierung wurden die Materialeigenschaften und Qualitätskriterien von Dämmstrohballen definiert; damit können sich Verarbeiter und Endkunden auf Produkte von gleichbleibender Qualität verlassen.

*Ausblick:* In Zukunft werden viele Akteure das Planen und Bauen mit dem Dämmstoff Strohballen als nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Dämmstoffen sehen und können damit ihre Bauprojekte ohne zusätzlichen baubehördlichen Aufwand klimafreundlicher und wirtschaftlicher realisieren. Mit der Verbreitung der S-HOUSE Ballen werden auch Optimierungen des bestehenden Produktes einhergehen bzw. weitere Produkte neu entwickelt werden. Diese müssen dann ebenfalls baubehördlich zugelassen werden.

### Logistik

Mit der Entwicklung eines Logistikkonzepts für Strohballen können vorhandene Kapazitäten für Transport, Lagerung und Verarbeitung von Stroh effizienter genutzt werden. Dazu wurden zunächst die wichtigsten Anbauggebiete und Rohstoffmengen ermittelt: Insgesamt fielen im Jahr 2009 in Österreich rund 1,8 Mio. Tonnen Getreidestroh an (hauptsächlich Weizen und Gerste), die größten Anteile davon in Nieder- und Oberösterreich sowie im Burgenland. Dieses verfügbare Stroh kann für die Produktion von Strohballen genutzt werden und die am wachsenden Dämmstoffmarkt konventionellen, auf fossilen oder mineralischen Rohstoffen basierenden Produkte teilweise ersetzen.

Dafür wurden im Projekt Stroh-Cert zunächst die Produktionsschritte zur Herstellung von Strohballen definiert, bestehende Produktions- und Logistikstrukturen analysiert und sektorübergreifende Kooperationsmöglichkeiten aufgezeigt. Gemeinsam mit dem „Team Strohlogistik“, Experten aus der Strohverwertung und dem Bauwesen, wurden mögliche Logistik-

szenarien entworfen: In der dezentralen Produktion werden die Strohballen direkt von den Landwirten gepresst und lokal gelagert, im zentralen System erfolgen Ballenpressung und Lagerung an einem gemeinsamen Standort. Als dritte Möglichkeit können die Strohballen dezentral produziert und zentral gelagert werden.

Die Einzelschritte des logistischen Ablaufs wurden gemeinsam mit den Projektpartnern getestet und evaluiert. Darauf aufbauend wurde ein Logistikkonzept entwickelt, in dem die Prozesskette vom Lager zum Kunden dargestellt ist und das den Ablauf und die Verantwortlichkeiten der beteiligten Akteure detailliert beschreibt.

Mit der Realisierung einer professionellen Strohlogistik in Produktion und Vertrieb von „S-HOUSE Ballen“ wird ein weiterer Grundstein für Strohballen als Dämmstoff im größeren Maßstab gesetzt. Insbesondere speziell an den Dämmstoff angepasste Logistikkösungen können dessen Verbreitung unterstützen, indem sie die Verfügbarkeit erhöhen, die Qualität sichern, die Arbeitszeiten für Manipulation beim Be- und Entladen minimieren und die Witterungsabhängigkeit reduzieren.

*Ausblick:* Als weiterführender Entwicklungsschritt muss das Logistikkonzept mittels weiterer praktischer Anwendungen überprüft, evaluiert und optimiert werden. Für die praktische Umsetzung des Logistikkonzeptes stehen u. a. noch Entwicklungen in den Bereichen Verpackungsmöglichkeiten inkl. Witterungsschutz, transportoptimierte Verpackungseinheiten und Dämmstoffformate, maßgeschneiderte Logistikkösungen für neue Kundengruppen, elektronische Datenerfassung und Dokumentation an. Im Rahmen weiterer Forschungsvorhaben könnten die notwendigen Entwicklungen gemeinsam mit Logistikunternehmen durchgeführt, evaluiert und optimiert werden.

Mit der weiteren Verbreitung des Dämmstoffes Strohballen wird auch die Frage der Verfügbarkeit relevanter und damit eine vorausschauende Planung von Kapazitäten und Bedarfssteigerungen bei Produktion, Transport und Lagerung.

Die Entwicklungen in der Logistik gehen in Richtung Gesamtlösungen für ganze Wirtschaftszweige. So könnten maßgeschneiderte Lösungen für verschiedene Kundengruppen (z. B. Fertigteilhaushersteller, Baustoffhandel, Bauträger) entwickelt werden, die von der Lagerhaltung über Qualitätskontrolle bis zur Schulung von Kunden und Produzenten und Weiterentwicklung der Logistik alle Prozessschritte beinhalten. Auch bei der Entwicklung von Vertriebsstrukturen für den Dämmstoff Stroh kann dieser Ansatz mit berücksichtigt werden.

Ein Beispiel mit hohem Verbreitungspotenzial ist die Dämmung der obersten Geschoßdecke als effektive Sanierungsmaßnahme. Allein mit dieser Maßnahme könnte, wenn sie flächendeckend durchgeführt wird, viel Heizenergie und damit viel CO<sub>2</sub> eingespart werden. Wenn für diesen Bereich also eine Systemlösung mit dem zertifizierten Dämmstoff Strohballen angeboten wird, die alle notwendigen Schritte von der Ballenproduktion bis zur direkten Anlieferung mittels Kran logistisch verbindet, könnte das Potenzial der S-HOUSE Ballen zusammen mit dem Potenzial der Geschoßdeckendämmung große Wirkung erzielen.

## **Qualitätsmanagement**

Die Qualitätssicherung von Produkten stellt eine Notwendigkeit für deren Verbreitung am Markt dar. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens wurden daher auch Maßnahmen zur

Überwachung der Qualität definiert und in einem Qualitätshandbuch zusammengestellt. Dieses bildet die Grundlage für die Produktion zertifizierter „S-HOUSE Ballen“ und ist auch Bestandteil der ÖTZ.

Das Konzept für ein Qualitätsmanagement umfasst den gesamten Produktionsprozess. Qualitätskriterien und qualitätsbeeinflussende Prozessschritte in der Herstellung von Strohballen wurden analysiert und die Schnittstellen zwischen verschiedenen Akteuren definiert. Erste Tests des QM-Systems wurden bei der Ernte 2010 durchgeführt. Für eine umfassende Evaluation und Ausarbeitung weiterer Optimierungsschritte im Sinne des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses bedarf es einer weiteren Produktionsperiode.

Aufgrund der branchenübergreifenden Produktionskette (Landwirtschaft & Bauwirtschaft) und der langen Gewährleistungszeiträume der Gewerke sind Rückverfolgbarkeit und vollständige Dokumentation zentral für die erfolgreiche Verbreitung von Dämmstrohbällen. Eine Möglichkeit, die in diesem Zusammenhang noch weiter untersucht werden soll, sind elektronische RFID-Systeme, welche eine verlässliche Kennzeichnung und Rückverfolgung auch bei großen Produktionsmengen vereinfachen und das Ablesen der Produktkennzeichnung auch im verbauten Zustand ermöglichen.

Da es sich bei Strohballen um einen für die Bauindustrie neuen Dämmstoff handelt, wurden auch die vorhandenen Messverfahren und -geräte auf ihre Tauglichkeit hin geprüft bzw. weiterentwickelt. Feuchte, Abmessungen usw. müssen mobil und einfach überprüft werden können, die Daten sollen einfach zu speichern und aufzubereiten sein.

*Ausblick:* Im Bereich der Qualitätsüberprüfung gibt es noch Entwicklungsbedarf hinsichtlich der Datenkompatibilität, da die derzeit verfügbaren Messgeräte aufgrund unterschiedlicher Software nicht aufeinander abgestimmt sind. Eine Online-Überwachung der Messergebnisse würde das Qualitätsmanagement ebenfalls noch erleichtern. Dafür sind Entwicklungsaufgaben gemeinsam mit Unternehmen insbesondere auf dem Gebiet der Materialfeuchtemessung durchzuführen. Aufgrund der bestehenden Produktionstechnik wäre eine intensivere Einbindung von Landmaschinenherstellern (Strohpresen) empfehlenswert, um produktionstechnische Weiterentwicklungen und das QM-System noch besser aufeinander abstimmen zu können. Die Entwicklungslinie der stationären Produktion bietet einige Vorteile im Bezug auf Herstellung flexibler Formate, bedarf aber grundlegender technischer Entwicklungen.

## **Dissemination**

Die Öffentlichkeitsarbeit spielt für die Verbreitung neuer Technologien eine wesentliche Rolle, insbesondere wenn es sich um Stoffe und Materialien handelt, die kein modernes Image besitzen. Für eine Verbreitung der Projektergebnisse wurden daher Informationsveranstaltungen und Beratungsgespräche durchgeführt und Informationsmaterial auf Messen und anderen Veranstaltungen verbreitet. Die Internetplattform [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com) mit Diskussionsforum, Online-Berichten und Hintergrundinformationen zu Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen dient bereits seit längerem der Vernetzung und Dissemination unter anderem im Bereich des Strohbaus und wurde auch für dieses Projekt genutzt.

Mit den im Projekt gesetzten Maßnahmen konnten bereits einige Transferergebnisse erzielt werden. So wurde der Baustoff Strohballen in Oberösterreich auf die Liste förderbarer

Dämmstoffe gesetzt. Im HdZ+ und KLI.EN-Projekt „Zero Carbon Village“ werden die Ergebnisse zentral in die Planung von Demonstrationsgebäuden einbezogen. Ein Sanierungsprojekt auf Basis der Projektergebnisse wurde bereits begonnen („Ritzlhof“, vgl. Kap. 5.1.4).

*Ausblick:* Zur Verbreitung der zertifizierten S-HOUSE Ballen sind weitere Disseminationsmaßnahmen geplant, um potenzielle Kunden und Unternehmen (Hersteller, Transportunternehmen, Baufirmen etc.) zu vernetzen und die notwendigen Informationen (für Anwendungsmöglichkeiten, Einbau, Lagerung usw.) bereitzustellen. Eine öffentlichkeitswirksame Möglichkeit bietet sich dabei mit der Plattform [www.nawaro.com](http://www.nawaro.com). Weitere geplante Aufgaben sind die Vermittlung von praktischem und theoretischem Wissen über die Verarbeitung des neuen Dämmstoffes an die Kernzielgruppen im Baugewerbe in speziellen Schulungen, z. B. in Form von Kursen oder Workshops oder durch webbasierte Lernplattformen.

Durch die Projektergebnisse in den Bereichen Standardisierung und baubehördliche Zulassung, Logistikkonzept und Qualitätsmanagement wird somit der nächste logische Schritt, die Verbreitung der zertifizierten Dämmstrohballe über die Anwendung in einzelnen Bauprojekten hinaus, ermöglicht. S-HOUSE Ballen können nun in größerem Maßstab, z. B. im Fertigteilhausbau, im Gewerbebau oder für mehrgeschoßige Wohngebäude, eingesetzt werden und damit einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der im Programm „Haus der Zukunft“ formulierten Zielsetzungen leisten.

## 7 Literatur, Richtlinien und Normen

- Adensam, Heidi et al., 2005, Stroh kompakt: Fabrik der Zukunft als regionales Produktionsnetzwerk auf Basis nachwachsender Rohstoffe anhand eines Pilotprojektes im Bereich Dämmstoffe, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie ‚Fabrik der Zukunft‘ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich
- Affenzeller, Bernd, 2010, Neues von KFP im April, <http://www.report.at/index.php/bau-immobilien/34-wirtschaft-politik/34241-neues-von-kfp-im-april> (abgerufen 10.05.2010; 13:45)
- Ashour, Taha, 2003, The use of renewable agricultural by-products as building materials, Dissertation an der Benha-Universität, Ägypten
- Bayerisches Staatsministerium (Hrsg.), 2005, Richtlinie über Bauprodukte <http://www.konstanz.ihk.de/produktmarken/innovation/beratung/tecfach/denorm/Bauprodukte.pdf> (abgerufen 29.05.2009; 12:01)
- Bernhard, Frank, 2004, Technische Temperatur Messung, Springer Verlag, Deutschland
- CUAP, „Factory-made thermal insulation material and/or acoustic insulation material made of vegetable or animal fibres“, EOTA (Hrsg.), Juni 2005
- DIBt (Hrsg.), BAZ, <http://www.bazdigital.de/homepage.html> (abgerufen 19.05.2009; 12:18)
- EN 1934 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Messung des Wärmedurchlasswiderstandes Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser – Mauerwerk, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), März 1998
- EN 822 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Länge und Breite, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), Juli 1994
- EN 823 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dicke, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), Juli 1994
- EN 1602 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Rohdichte, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), November 1996
- EN 1604 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen, Österreichisches Normungsinstitut (Hrsg.), Juli 2007
- EN 1609 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), November 1996 bzw. A1 September 2006
- EN 12086 Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), Juni 1997

- EN 12667 Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestromplatten-Gerät – Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), Januar 2001
- EN 29053 Materialien für akustische Anwendungen – Bestimmung des Strömungswiderstandes, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), August 1993
- EN ISO 11925-2 Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Teil 2: Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), Februar 2002
- EN ISO 12571 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung der hygroskopischen Sorptionseigenschaften, Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.), März 2000
- Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V., Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Nr. Z-23.11-1595, Juni 2006, Zulassungsbescheid, Erich-Schmidt-Verlag, 2009
- [www.fasba.de](http://www.fasba.de) (abgerufen 29.05.2009; 14:05)
- Fischer, Herbert, 1993, Schadensanalysen und bauphysikalisches Messen: Einführung in die elektrische Messtechnik von Feuchte-Temperatur-Schall, Expert Verlag, Deutschland
- Gudehus, Timm, 2005, Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen, Springer Verlag, Berlin.
- Kreutzer, 2010, <http://www.report.at/index.php/bau-immobilien/34-wirtschaft-politik/34241-neues-von-kfp-im-april> (abgerufen 12.05.2009; 10:15)
- Krick, Benjamin, 2008, Untersuchung von Strohballen und Strohballenkonstruktionen hinsichtlich ihrer Anwendung für ein energiesparendes Bauen unter besonderer Berücksichtigung der lasttragenden Bauweise, Kassel University Press, Deutschland
- Kupfer, Klaus, 1997, Materialfeuchtemessung, Expert Verlag, Deutschland
- Musterbauordnung Deutschland, Fassung Mai 2008, abrufbar unter <http://www.bauordnungen.de/html/musterbauordnung.html> (abgerufen 28.5.2009, 15:47)
- ofi (Hrsg.), o. J., *CE-Bauproduktenrichtlinie*, [http://www.ofi.co.at/index.php?option=com\\_content&view=article&id=53&Itemid=63](http://www.ofi.co.at/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=63) (abgerufen 29.05.2009; 11:55)
- ON (Hrsg.), 2003, *Norm-Konformität*, [www.on-norm.at/download\\_info/zertifizierung/z01\\_Sicherheit\\_durch\\_Normkonformitaet.pdf](http://www.on-norm.at/download_info/zertifizierung/z01_Sicherheit_durch_Normkonformitaet.pdf) (abgerufen 29.05.2009; 11:48)
- Österreichisches Institut für Bautechnik (Hrsg.), Richtlinie „Brennbare Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz“, Februar 2000
- RFID-Journal, [www.rfid-journal.de](http://www.rfid-journal.de) (abgerufen 29.06.2009; 16:14)

- Statistik Austria, 2008, Ackerlandflächen 2008: Brotgetreide – Weichweizen nach Gemeinden. Wien
- Statistik Austria, 2009, Feldfruchternte 2009. Endgültige Ergebnisse. Schnellbericht 1.12. Wien
- Steinkellner, Herwig, 2010, Fertighäuser auf der Überholspur, <http://www.salzburg.com/online/rubrikenm%E4rkte/immobilien/Fertighaeuser-auf-der-Ueberholspur-.html?article=eGMmOI8Vd2mae8YKKRErGvRfbzYvwcPa2eV1mP&img=&text=&mode=&> (abgerufen 10.09.2010; 11:23)
- Technische Richtlinien Vorbeugender Brandschutz (TRVB), [www.brandschutz.at](http://www.brandschutz.at) (abgerufen 22.05.2009; 11.37)
- Testo, 2009, *testo 435-2*, [http://www.testo.at/online/abaxx-?\\$part=PORTAL.AUT.Applications&\\$event=show-from-content&externalid=opencms:/Products/MeasurementParameters/multifunction/Messgeraete/testo\\_435-2/Oesterreichisch.product](http://www.testo.at/online/abaxx-?$part=PORTAL.AUT.Applications&$event=show-from-content&externalid=opencms:/Products/MeasurementParameters/multifunction/Messgeraete/testo_435-2/Oesterreichisch.product) (abgerufen 29.05.2009; 12:50)
- Umweltbundesamt (Hrsg.), 2007, *EG-Bauprodukten-Richtlinie*, <http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/eg-bauproduktenrichtlinie.htm> (abgerufen 29.05.2009; 11:52)
- Wegner-Hambloch, Sylvia, 2004, Rückverfolgbarkeit in der Praxis: Artikel 18 und 19 der vo(eg) Nr. 178/2002 schnell und einfach umgesetzt, Behr's Verlag Deutschland
- Wernecke, Roland, 2003, Industrielle Feuchtemessung: Grundlagen Messmethoden, technische Anwendungen, Wiley-VHC, Deutschland
- Wimmer, Robert et al., 2001, Wandsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie ‚Haus der Zukunft‘ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich
- Wimmer, Robert et al., 2006, S-House – Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie ‚Haus der Zukunft‘ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich



## 7.1 Abbildungsverzeichnis

Quelle der Abbildungen, falls nicht anders angeführt: GrAT

Abbildung 1: CE-Kennzeichnung .....	6
Abbildung 2: Aktuelle Zulassungspraktiken von Strohballen als Dämmstoff im europäischen Raum.....	8
Abbildung 3: Dämmstrohballe .....	12
Abbildung 4: Qualitätsfaktoren für den Rohstoff Stroh .....	13
Abbildung 5: Qualitätsfaktoren für Dämmstrohballe .....	13
Abbildung 6: Sorptionsisothermen verschiedener Strohvarianten .....	14
Abbildung 7: Wärmeleitfähigkeit von Weizenstroh in Abhängigkeit von Dichte und Temperatur.....	16
Abbildung 8: Ablaufplan der Österreichischen Technischen Zulassung (ÖTZ).....	21
Abbildung 9: Titelblatt Prüfbericht für S-HOUSE Balle .....	34
Abbildung 10: Probekörper für die Bestimmung der Dimensionsstabilität .....	37
Abbildung 11: Probekörper für die Bestimmung der Wasseraufnahme .....	38
Abbildung 12: Probekörper für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit.....	39
Abbildung 13: Probekörper für die Bestimmung des Strömungswiderstandes .....	40
Abbildung 14: Probekörper für die Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit .....	41
Abbildung 15: Getreidestrohernte in Österreich .....	43
Abbildung 16: Ackerlandflächen für Weichweizen 2008 .....	44
Abbildung 17: Sommerlicher Niederschlag .....	44
Abbildung 18: Preisentwicklung bei konventionellen Dämmstoffen und Strohballen 1997–2008 .....	45
Abbildung 19: Szenario Einzelfall.....	46
Abbildung 20: Szenario 100 Einfamilienhäuser.....	47
Abbildung 21: Szenario 10 % Fertigteilhausanteil.....	48
Abbildung 22: Heizwerk Lasse .....	50
Abbildung 23: Workshop Team Strohlogistik .....	52
Abbildung 24: Dezentrale Produktion.....	57
Abbildung 25: Zentrale Produktion .....	58
Abbildung 26: Dezentrale Produktion mit Zwischenlagerung.....	60
Abbildung 27: Vor- und Nachteile dezentraler Produktion mit Zwischenlagerung .....	60
Abbildung 28: Aufsammeln der Strohballen .....	61
Abbildung 29: Lagermöglichkeiten .....	62
Abbildung 30: Strohballentransport vom Feld zum Lager des Landwirtes .....	63
Abbildung 31: Strohballentransport über ein Logistikunternehmen.....	63
Abbildung 32: Abdeckung der Strohballen für den Transport .....	64
Abbildung 33: Lieferung und Lagerung auf der Baustelle .....	64
Abbildung 34: Beförderung mit einem Gabelstapler.....	65

Abbildung 35: Beförderung mit einem Kran .....	65
Abbildung 36: Qualitätskontrolle der Baustrohballen .....	66
Abbildung 37: Workshop mit Logistikexperte Ing. Christian Holezius von i-LOG Integrated Logistics GmbH, Schachinger Logistik-Gruppe.....	66
Abbildung 38: Logistikkonzept für den Dämmstoff Strohhallen.....	69
Abbildung 39: Beispiel für den Aufbau eines Qualitätsmanagement-Systems nach ISO 9001 .....	72
Abbildung 40: Prozessschritte und qualitätsbeeinflussende Parameter .....	74
Abbildung 41: Mähdrescher vom Typ Claas Medion.....	76
Abbildung 42: Prototypen-Teststand zur Überprüfung von Strohhallen .....	80
Abbildung 43: Sorptionsproben im Klimaschrank.....	81
Abbildung 44: Links: Humimeter FLW-Messkoffer. Rechts: Humimeter FLW bei der Messung .....	82
Abbildung 45: Feuchtemessgerät testo 635.....	83
Abbildung 46: Biomasse-Feuchtemessgerät für Schüttmaterialien.....	83
Abbildung 47: Mikrowellenfeuchtemessgerät „Moist 100“ mit Messkopf „Moist P“ .....	84
Abbildung 48: Testmessung mit dem Prozess-Mikrowellen-Feuchtemesskopf „Moist PP“ .....	85
Abbildung 49: Gewichtsbestimmung von Kleinballen mit Bodenwaagen.....	86
Abbildung 50: Ultraschall-Entfernungsmesser MeterMaster Laser Pro .....	87
Abbildung 51: Links: Laser-Entfernungsmesser LaserRange Master LRM 60. Rechts: Vermessung eines Strohhallens.....	88
Abbildung 52: Distanz-Sensor Gp2y0a21yk0f der Firma SHARP.....	89
Abbildung 53: Links: Heizkasten im Betrieb mit eingespannter Probe und Abluftelementen auf der Kaltseite. Rechts: Luftleitblech auf der Kaltseite .....	90
Abbildung 54: Strohhalle in Halterung für die Wärmeleitfähigkeitsmessung mit dem Heizkasten. Links: Ansicht von oben. Rechts: Ansicht von der Seite .....	91
Abbildung 55: Wärmeleitfähigkeit von Weizenstroh in Pressrichtung .....	92
Abbildung 56: Links: optimale Einbaurichtung; Mitte und rechts: weitere mögliche Einbaurichtungen .....	95
Abbildung 57: Markierte Strohhallen .....	96
Abbildung 58: Transponder UPM Raflatrac DogBone.....	97
Abbildung 59: Beispiel für einen redaktionellen Beitrag auf <a href="http://www.nawaro.com">www.nawaro.com</a> .....	99
Abbildung 60: News im Infopool für Bio-Werkstoffe .....	99
Abbildung 61: Informationstisch und Plakatwände auf der Messe Ried 2009 .....	100
Abbildung 62: Links: Informationsstand auf der Böhmerwaldmesse 2009; rechts: Vortrag von Sören Eikemeier (GrAT) auf der Wieselburger Messe 2009.....	101
Abbildung 63: Informationsstand auf der Rieder Messe 2009 .....	101
Abbildung 64: Präsentation des Projekts Stroh-Cert beim ESG 2009 .....	102
Abbildung 65: Schulgebäude der Landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschule Ritzlhof von 1875 .....	103
Abbildung 66: Auszeichnung des Projekts Stroh-Cert beim Energy Globe Award Vienna 2009 (links) und Nominierung beim Meilenstein 2010 (rechts) .....	103

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produktangaben für zertifizierte Wärmedämmstoffe aus pflanzlichen oder tierischen Fasern.....	7
Tabelle 2: Dämmstofftypen aus Nachwachsenden Rohstoffen.....	8
Tabelle 3: Wärmeleitfähigkeit von Weizenstroh in Abhängigkeit von Dichte und Temperatur .....	17
Tabelle 4: Anforderungen an Strohballen je nach Konstruktionsweise .....	18
Tabelle 5: Definition des S-HOUSE Ballens für die Zertifizierung.....	19
Tabelle 6: Durchzuführende Prüfungen am Dämmstoff im Rahmen der Erstprüfung.....	22
Tabelle 7: Unbedenkliche Konstruktionsvarianten in Bezug auf Schimmelbildungsgefahr ....	36
Tabelle 8: Messwerte für die Rohdichte .....	37
Tabelle 9: Messergebnisse der Verformung .....	37
Tabelle 10: Messwerte der kurzzeitigen teilweisen Wasseraufnahme .....	38
Tabelle 11: Messwerte Wärmeleitfähigkeit.....	38
Tabelle 12: Berechnungsergebnisse für die Wärmeleitfähigkeit .....	39
Tabelle 13: Berechnungsergebnisse der hygrothermischen Kenngrößen .....	39
Tabelle 14: Messwerte der Strömungswiderstände .....	40
Tabelle 15: Messwerte Diffusionswiderstände .....	41
Tabelle 16: Anbauflächen Weizen und Gerste.....	43
Tabelle 17: Ergebnisse der Berechnung von Lager- und Transportkapazitäten verschiedener Szenarien .....	48
Tabelle 18: Vor- und Nachteile dezentraler Produktion.....	57
Tabelle 19: Vor- und Nachteile zentraler Produktion.....	59
Tabelle 20: Messparameter, -verfahren und -geräte.....	79
Tabelle 21: Vergleich der untersuchten Feuchtemessverfahren.....	86
Tabelle 22: Vergleich der untersuchten Distanzmessverfahren.....	89
Tabelle 23: Messergebnisse des Heizkastens – Wärmeleitfähigkeit der Strohproben in Pressrichtung .....	91
Tabelle 24: Zu überprüfende Qualitätskriterien gemäß Prüfanweisungen (PA01.1 und PA02.1) .....	93

# Anhang

ANHANG A

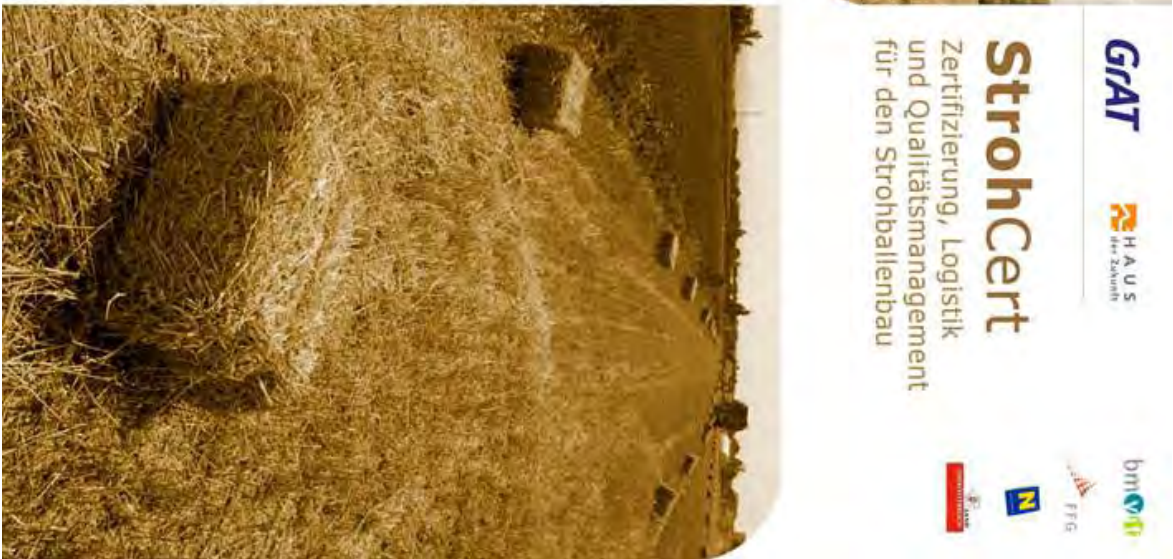
Infofolder Stroh-Cert

ANHANG B

Ausstellungsposter für die Dissemination der Zwischenergebnisse auf Messen und Veranstaltungen

# ANHANG A

## Infofolder Stroh-Cert außen



## Infofolder Stroh-Cert innen



## Strohballen als zertifizierter Baustoff

Strohballen sind Bausteine nachhaltiger Architektur. Sie enthalten das Potenzial, den hohen Ressourcen- und Energieverbrauch der Baubranche zu reduzieren. Im Gegensatz zu konventionellen Dämmstoffen können sie sogar CO<sub>2</sub> speichern und leisten somit einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz. Mit einem Strohgedämmten Haus lassen sich rund 20 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen.



Maschinen- und Handarbeitsteilbauern mit Strohballen als Dämmstoff

Mehrere Forschungsprojekte aus der Programmlinie „Haus der Zukunft“ zeigen, dass Strohballen eine funktional und ökologisch hochwertige Alternative zu konventionellen Dämmstoffen darstellen. Wesentliche Eigenschaften sind die hohe Dämmwirkung (λ-Wert 0,045 W/m·K), die schlechte Brennbarkeit (Brennleistungs-Klasse E) und der geringe Ressourcen- und Energiebedarf bei der Herstellung.



Verarbeitungsstadien von Feld bis zum zertifizierten Strohballen

Mit dem Projekt „StrohCert“ werden die notwendigen Entwicklungen hin zu einem marktfähigen Dämmstoff vorgenommen.

## Zertifizierung

Basierend auf den bisherigen Forschungsergebnissen wurde die Österreichische Technische Zulassung (ÖTZ) von der GAT beantragt.

Die erforderlichen Prüfungen werden derzeit von einem akkreditierten Prüflabor durchgeführt. Das Ergebnis des Projekts wird der Beschied über die Zulassung von Strohballen als Dämmstoff sein.

Dadurch werden baubehördliche Einschränkungen in Bewilligungsverfahren beseitigt.

## Logistik

Um das Produkt Strohballen das ganze Jahr über verfügbar zu machen, wird ein effizientes Logistikkonzept für alle Produktionsschritte von der Ernte des Strohs über die Ballenpressung bis hin zu Transport und Lagerung der Strohballen entwickelt.

Alle beteiligten Betriebe – Landwirte, Ballenproduzenten, Transportunternehmen etc. – und Kunden werden lückenlos miteinander verbunden, sodass der Rohstoff Stroh in einem wirtschaftlich und ökologisch sinnvollen Kreislauf verwendet wird.

Egens für das Projekt „StrohCert“ wurde das „Team Strohlogistik“ gegründet, das sich aus zentralen Akteuren im Bereich Strohverarbeitung zusammensetzt und das Logistikkonzept für die Anwendung in der Praxis weiterentwickelt. Das „Team Strohlogistik“ ist eine offene Plattform, an der weitere Experten teilnehmen können, um gemeinsame Strategien zu entwickeln.



## Ackerbauflächen für Weichweizen 2008 (nach Gemeinden)



Gesamtwirtschaftliche für Getreide in Österreich (2008): 616.300 ha  
Durchschnittliche-Stroherträge (1995-2008): 2,53-3,22 Mio  
Gesamtmenge an verfügbarem Stroh: rund 2 Mio Tonnen

Mit nur 20 % des verfügbaren Strohs können 4 Mio. m<sup>3</sup> Dämmstoff erzeugt werden - zwei Drittel des österreichischen Gesamtbedarfs!

## Strohpotenzial in Österreich

## Qualitätsmanagement

Wer Strohballen als Dämmstoff einsetzen will, muss auf gleichbleibende Qualität bauen können. Deshalb wurden im Projekt „StrohCert“ für alle Produktionsschritte Qualitätsriterien (wie z.B. Feuchte, Restkörnung oder Rohdichte) definiert und Messverfahren zu deren Überprüfung festgelegt.



Messungen und Dokumentation zur Qualitätssicherung

Die vollständige Dokumentation aller Schritte zur Qualitätssicherung und die Kennzeichnung der Strohballen stellen außerdem die Rückverfolgbarkeit über den gesamten Herstellungsprozess sicher.



# ANHANG B

## Ausstellungsposter 1 (Überblick)

**GrAT**

Strohballen auf dem Weg zu einem zertifizierten Baustoff

**StrohCert**



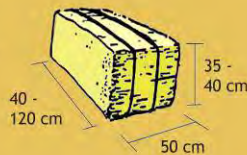
### Was bringen zertifizierte Strohballen ?

Nachwachsende Rohstoffe sind auf dem Dämmstoffmarkt eine wichtige Alternative zu konventionellen Materialien. Neben lokaler Verfügbarkeit und einem ökologisch einwandfreien Profil ermöglichen Sie außerdem einen ressourcenschonenden Umgang mit unseren Rohstoffen. Die baubehördliche Zulassung eines Dämmstoffs garantiert für lückenlose Qualitätskontrollen, ein ausgereiftes Logistikkonzept und zugesicherte sowie gleichbleibende Produkteigenschaften.



#### Eigenschaften des Baustoffs 'Strohballen'

- \* erfüllt strenge österreichische Bauordnung
- \* günstige statische Eigenschaften
- \* gute Schalldämmung
- \* multifunktional einsetzbar
- \* ökologisch
- \* passivhaustauglich
- \* wirtschaftlich



#### Materialdaten

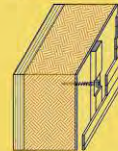
Kenngroße	Wert	Einheit	Quelle
Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{10}$	0.045	W/mK	Gutachten MA39
Diffusionswiderstandszahl $\mu$	2.5	-	TGL 35424/2
Brennbarkeitsklasse	B2	-	Gutachten MA39
Dichte $\rho$	100.8	kg/m <sup>3</sup>	Gutachten MA39
Spez. Wärmekapazität c	2.0	kJ/kgK	TGL 35424/2

### das S-House - ein innovatives Demonstrationsgebäude mit Strohballendämmung



das S-House wurde als Demonstrationsgebäude im Jahre 2004 mit Fördermitteln des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie in Böheimkirchen errichtet. Als Passivhaus zeigt es das Energieeinsparungspotential im Vergleich zu konventionellen Gebäuden auf. Als „Faktor-10“-Gebäude, bei dem fast ausschließlich Baumaterial aus nachwachsenden Rohstoffen (Strohdämmung, Lehmputz, etc.) Verwendung fand, konnte der baustoffbezogene Primärenergiebedarf auf nur 10% im Vergleich zu konventionellen Gebäuden reduziert werden. (Besichtigungstermine einmal im Monat) [www.s-house.at](http://www.s-house.at)

#### Außenwandaufbau S-House, Böheimkirchen



Material	Dicke
Innen / warm Kreuzlagenholz	10,6 cm
Strohballendämmung	50,0 cm
Lehmputz	2,0 cm
Vertikallattung (verankert mit Treeplast-Schraube)	5,0 cm
Holzverschalung	2,0 cm

#### Bauphysikalisches Datenprofil

Bauphysik	Einheit	AW1
Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)	W/m <sup>2</sup> K	0.09
Bew. Schalldämmmaß R <sub>w</sub>	dB	52-54
Speicherwärme Kapazität	kg/m <sup>2</sup>	146

Zertifizierte Strohballen bieten viele Vorteile -

auch **Sie** können profitieren:



#### Als Architekt / Planer

- Strohballen-Dämmstoff mit zugesicherten Materialeigenschaften
- strenge Qualitätskontrolle sorgt für zuverlässig gleichbleibende Qualität
- präzise Kostenkalkulation aller Arbeitsabläufe möglich



#### Als Produzent (Landwirt), Lieferant oder Händler

- verlässliche Logistikkonzepte sorgen für ständige Materialverfügbarkeit
- hochwertige Produkte mit Wertschöpfung vor allem im ländlichen Raum
- Qualitätsmanagement sorgt für Vertrauen und steigendes Interesse beim Käufer



#### Als Bauherr

- hochwertige baubiologisch unbedenkliche Materialqualität des natürlichen Rohstoffs Stroh
- gute Dämmeigenschaften kombiniert mit Schutz vor sommerlicher Überhitzung (hohe Dichte)
- Beitrag zum Klimaschutz durch geringen Energiebedarf bei der Produktion

**StrohCERT**  
ein Förderungsprojekt der  
Gruppe Angewandte Technologie (TU Wien)  
aus der Programmlinie „Bau der Zukunft“

unterstützt durch:



sowie durch:







Strohballen auf dem Weg zu einem zertifizierten Baustoff

# StrohCert



### Vorteile durch die Zertifizierung:



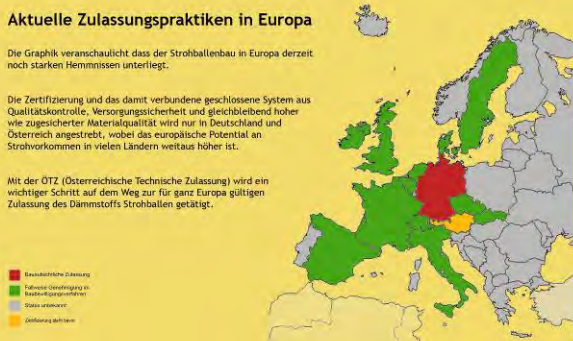
- Baubehördliche Hürden bei Einreichungen und Baubewilligungen werden durch die Zulassung beseitigt
- Strohballen werden zu einem förderbaren Dämmstoff (z. B. in der Wohnbauförderung)
- Genormte Strohballen können in Kalkulationsprogramme für Planende und Ausführende aufgenommen werden
- Zertifizierte und standardisierte Baustoffe sind die notwendige Basis für das wachsende Segment der industriellen Serienfertigung von Gebäuden und Gebäudeteilen.

### Aktuelle Zulassungspraktiken in Europa

Die Graphik veranschaulicht dass der Strohballenbau in Europa derzeit noch starken Hemmnissen unterliegt.

Die Zertifizierung und das damit verbundene geschlossene System aus Qualitätskontrolle, Versorgungssicherheit und gleichbleibend hoher wie zugesicherter Materialqualität wird nur in Deutschland und Österreich angestrebt, wobei das europäische Potential an Strohvorkommen in vielen Ländern weitaus höher ist.

Mit der ÖTZ (Österreichische Technische Zulassung) wird ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur für ganz Europa gültigen Zulassung des Dämmstoffs Strohballen getätigt.



### Ablauf einer Zertifizierung

Um eine Zertifizierung von Strohballen zu erreichen, wurde von der GrAT bereits ein Antrag für eine Österreichische Technische Zulassung (ÖTZ) gestellt. Die Prüfungen werden derzeit von einem akkreditierten Prüflabor durchgeführt. Mit Projektende wird der Bescheid über die Zulassung von Strohballen als Dämmstoff erwartet.

#### Ablaufplan ÖTZ StrohCERT



### Bisherige Ergebnisse

Die Anforderungen an das Produkt „Dämmstrohballen“ seitens der Zertifizierungsstelle sehen vielseitige Prüfungen vor. Einige bereits ermittelte Produkteigenschaften können hier betrachtet werden:

<p><b>Beständigkeit gegen Schimmelpilze</b></p> <p><b>Normen:</b> ÖN B 6010</p> <p>Das Wachstum von Schimmelpilzen ist abhängig von der Konstruktion in der die Dämmung eingebracht wird. Durch einen fachgerechten Einbau der Strohballen kann daher Schimmelpilzbefall vermieden werden.</p> <p>Dies zeigen auch die von der GrAT durchgeführten Langzeituntersuchungen an einem Demonstrationsgebäude in dem die Anzahl der lebensfähigen Schimmelsporen bereits innerhalb des ersten Jahres nach Einbau massiv abgenommen hat.</p>	<p><b>Abmessungen (Länge, Breite, Dicke)</b></p> <p><b>Normen:</b> EN 822 / EN 823</p> <p>Für die Abmessungen der zertifizierten Strohballen gibt es keine grundsätzlichen Einschränkungen. So kann die Länge der Ballen an die jeweilige Konstruktionsweise angepasst werden.</p> <p><b>Die ideale Dicke der Strohballen liegt bei rund 40 cm.</b></p> <p>Bei der Toleranz der Maßgenauigkeit gelten die strengen Richtwerte des Bausektors, um einen fachgerechten Einbau zu ermöglichen. Abweichungen von mehr als 1 cm sind nicht zugelassen.</p>	<p><b>Rohdichte</b></p> <p><b>Normen:</b> EN 1602</p> <p>Die Dichte des Dämmstoffs hat Einfluss auf weitere Qualitätskriterien wie Entflammbarkeit, Standfestigkeit sowie Wärmeleit- und Wärmespeicherfähigkeit.</p> <p>Die angestrebte Dichte der Strohballen liegt bei <b>110 kg/m³</b> mit einer Toleranz von +/- 10 %.</p>	<p><b>Wärmeleitfähigkeit (trocken / feucht)</b></p> <p><b>Normen:</b> EN 12667</p> <p>Die Wärmeleitfähigkeit ist der wesentlichste Faktor für Dämmstoffe und darf daher bestimmte Grenzwerte (λ-Wert 0,06 W/mK) nicht überschreiten.</p> <p>Für Strohballen mit einer Dichte von 100 kg/m³ wurden λ-Werte von unter <b>0,04 W/mK</b> gemessen, gerechnet wird aufgrund eines Feuchtezuschlags allgemein mit 0,045 W/mK.</p> <p>Die Dämmwirkung von Strohballen ist daher vergleichbar mit anderen, auf fossilen Ressourcen basierenden Dämmstoffen.</p>	<p><b>Brandverhalten</b></p> <p><b>Normen:</b> EN ISO 11925-2 EN 13501-1</p> <p>Durch die hohe Dichte der Strohballen (&gt; 100 kg/m³) ergeben sich gute Klassifizierungen für das Brandverhalten:</p> <p><b>B2 = normal brennbar</b> nach ÖNORM</p> <p><b>E = normal brennbar</b> nach EN</p> <p><b>Brandwiderstandsklasse F90:</b> brandbeständig</p>
--	---	--	---	---



# Logistik

## Kriterien für eine professionelle Strohlogistik

- Verfügbarkeit über das gesamte Jahr in ausreichender Quantität
- transportfähige Ballengrößen
- Manipulation mit gängigen Maschinen (z.B. Gabelstapler)
- regensichere Verpackung oder Lagerung vor Ort
- reibungslose Koordination der einzelnen Produktionsschritte
- Qualitätssicherung



### Lohndrusch

Anbaufläche für Getreide in Österreich (2008): 616.300 Hektar  
Durchschnittliche Stroherträge (1995-2008): 2,53-3,73 Tonnen/Hektar  
Am weitesten verbreitet: Weizen und Gerste

Vor allem in niederschlagsarmen Gebieten wird am meisten (Weich-)Weizen angebaut. Das Stroh aus diesen Gebieten ist aufgrund des niedrigen Sporenteils auch qualitativ besonders gut zur Weiterverarbeitung geeignet.



### Ballenpressung

Beim Pressvorgang wird der Schwad nach der Feldtrocknung gepresst und zu Ballen gebunden.

Das Pressen kann entweder von den Landwirten selbst durchgeführt werden (dezentrales Modell) oder von einem im Auftrag stehenden Ballenproduzenten bzw. vom Strohverwerter selbst (zentrales Modell). Insbesondere für die dezentrale Produktion sind HD-Kleinballenpressen oder Quaderballenpressen am besten geeignet.



### Lagerung

Stroh kann nur in einem kurzen Zeitraum geerntet werden, der Dämmstoff Strohballen muss aber das ganze Jahr über verfügbar sein. Daher ist eine fachgerechte Lagerung notwendig.

Um die Qualität des Dämmstoffs zu erhalten, sind die Strohballen unter Dach zu lagern und gegen aufsteigende Feuchtigkeit zu schützen. Die Lagerfeuchtigkeit sollte 10 % nicht übersteigen. Die Lagerung kann sowohl in einem Zentrallager als auch dezentral bei den Landwirten erfolgen.



### Transport

Der koordinierte und zeitgerechte Transport der Strohballen zwischen Feld, Lager und Baustelle ist ein wesentliches Element für den reibungslosen Ablauf von Produktion und Verarbeitung des Dämmstoffs.

Beim Transport der Strohballen ist darauf zu achten, dass keine Witterungseinflüsse die Qualität der Ballen vermindern – durch Maßnahmen wie geschlossene Wägen, entsprechende Verpackung oder Transport nur bei trockener Witterung.



### Baustelle

Die fachgerechte Auslieferung und Übergabe auf der Baustelle als Abschluss der Logistikkette muss ebenfalls durch geeignete Witterungsschutzmaßnahmen abgesichert werden. Die Strohballen können beispielsweise auf Paletten als Ganzes verpackt werden und somit vor Feuchte geschützt auch kurzfristig im Freien gelagert werden. Jedoch sollte der Einbau gut koordiniert und nicht unnötig zeitaufwändig erfolgen.





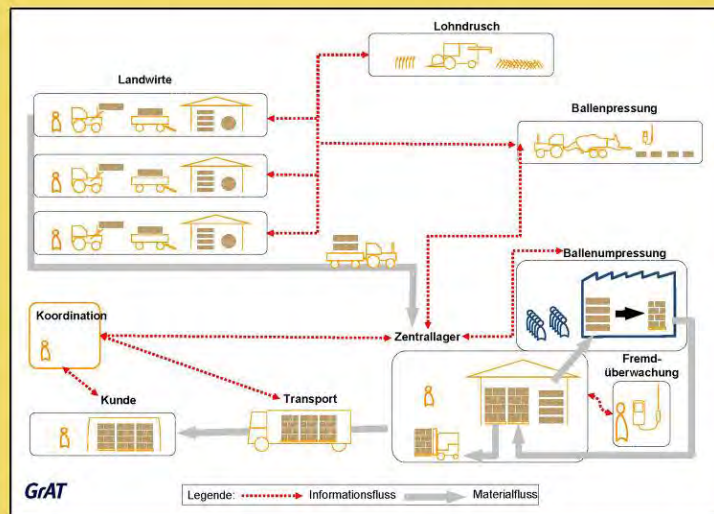


**Logistik**

**Konzepte für eine professionelle Strohlogistik**

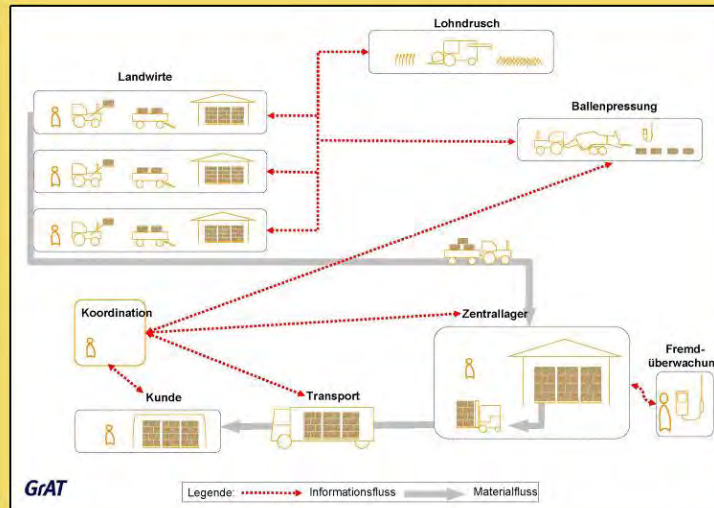
**Konzept 1  
„Zentrale  
Produktion“**

Die Strohballen werden nach der lokalen Pressung in ein Zentrallager transportiert, wo sie unter standardisierten Bedingungen auf die erforderlichen Abmessungen umgepresst und auf ihre Qualität überprüft werden. Im zentralen Modell können Strohballen das ganze Jahr über produziert werden.



**Konzept 2  
„Dezentrale  
Produktion“**

Die Strohballen werden direkt am Acker gepresst, auf Feuchtigkeit und Qualität kontrolliert und lokal eingelagert. In Zukunft soll auch eine Transportverpackung für den Regenschutz der Strohballen direkt auf dem Feld realisierbar sein.



StrohCERT  
H.A.U.S. ein Forschungsprojekt der  
Georg-August-Universität (TU) Wien  
aus der Programmlinie „Jenseits der Zukunft“

unterstützt durch:



sowie durch:





**Ziele eines professionellen Qualitätsmanagements**

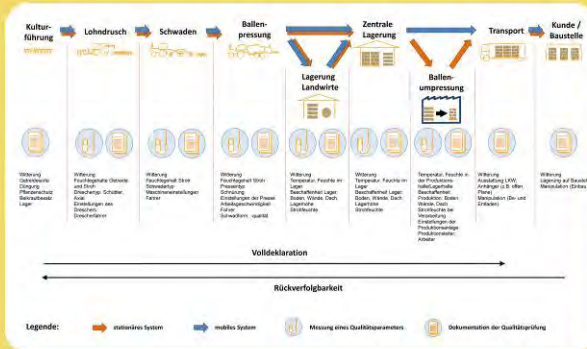
- Qualitätskriterien definieren
- Messparameter und Messverfahren festlegen
- Verantwortungsbereiche definieren
- Eigen- und Fremdüberwachung koordinieren
- Maßnahmen der Qualitätssicherung dokumentieren
- Rückverfolgbarkeit sichern und Transparenz erhöhen

=> Ziel: Qualität verbessern und garantieren!



**Produktions- und Logistikkette**

Das Qualitätsmanagement umfasst sämtliche Schritte des Strohballens von der Kulturführung bis zur Baustelle.



**Lohndrusch:**  
Der Vorgang des Dreschens hat einen wesentlichen Einfluss auf die Halmbeschaffenheit des Stroh und damit auch auf die Qualität des ganzen Strohballens. Der Mähdrescher und die Intensität des Dreschwerks müssen sorgfältig ausgewählt und überprüft werden, um Schäden an der Halmstruktur zu vermeiden.

**Pressen der Strohballen:**  
Nach mehrtägiger Feldtrocknung wird mit der Pressung begonnen. Der Pressvorgang beeinflusst Abmessungen, Oberflächenbeschaffenheit, Kantentreue und Dichte des Strohballens maßgeblich. Die Qualität ist abhängig von Type, Hersteller und Zustand der Presse, außerdem von Kriterien wie der gleichmäßigen Größe der Schwade, der Füllhöhe des Pick-ups und der Fahrgeschwindigkeit.

**Lagerung:**  
Bei der Lagerung von Dämmstrohballen ist sicherzustellen, dass keine Witterungseinflüsse die Qualität mindern. Die Ballen sind unter Dach zu lagern und gegen aufsteigende Feuchtigkeit zu schützen. Die Lagerfeuchtigkeit sollte 10 % nicht übersteigen.

**Transport:**  
Die Beförderung der Strohballen ist zum Schutz vor Witterung immer in einem geschlossenen Wagen, verpackt oder ausschließlich bei trockener Witterung durchzuführen. Nur so kann die Qualität des Dämmstoffs vom Feld bis zur Baustelle konstant erhalten bleiben.

**Kunde/Baustelle:**  
Der Zeitpunkt der Errichtung der Strohballendämmung ist an die jeweiligen regionalen Bedingungen anzupassen, sodass die Beschaffenheit der Ballen nicht durch Temperatur und Witterung beeinflusst wird und ein sicherer Einbau möglich ist.

**Qualitätskriterien**

Das Qualitätsmanagement umfasst sämtliche Schritte des Strohballens von der Kulturführung bis zur Baustelle.

**Feuchte**



Die Überprüfung des Feuchtegehalts der Strohballen mittels geeigneter Messverfahren (z. B. Mikrowellenmessgerät) ist bei jedem Produktionsschritt wesentlich, um Schäden durch Schimmelpilzbefall oder eine Verschlechterung der Dämmwirkung auszuschließen.

**Dichte**



Die Rohdichte (Gewicht bezogen auf Volumen) der Strohballen ist vor allem für Wärmeleitfähigkeit und die Brandwiderstandsklasse von Bedeutung und wird mittels geeigneter Messgeräten eruiert.

**Brennbarkeit**



Die Brennbarkeit (Brandwiderstandsklasse) der Strohballen sollte innerhalb der Produktions- und Logistikkette überprüft werden. Dieser Test kann in Zusammenhang mit der Feststellung der Rohdichte erfolgen, welche (durch ein existierendes Prüfzeugnis) verlässliche Werte zur BrennbarkeitsEinstufung der Ballen gibt.

**Maßhaltigkeit**



Für Bauherren und Planer ist die Maßgenauigkeit der Strohballen ein wichtiges Qualitätsmerkmal um korrekte Bauplanung und Kostenkalkulation ermöglichen zu können. Die Qualitätskontrolle während der Produktion (Ballenpressung) setzt geeignete Steuersysteme in der Maschinerie voraus.