

BMUV-Umweltinnovationsprogramm

Abschlussbericht

25.10.2022

zum Vorhaben

KVH-Flächenlager – Energieeffiziente automatisierte
Kommisionierungsanlage für Konstruktionsvollholz

Zuwendungsempfängerin

Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG

Laufzeit des Vorhabens

02.11.2015 – 30.09.2021

Autor

Herr Ralph Ahmerkamp

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare
Sicherheit und Verbraucherschutz**

Umweltbereich

Ressourceneffizienz, Klimaschutz

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner	3
1.2 Ausgangssituation	6
2. Vorhabenumsetzung	8
2.1 Ziel des Vorhabens	8
2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	9
2.3 Umsetzung des Vorhabens	15
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	18
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	18
2.6 Konzeption und Durchführung des Messprogramms	18
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	27
3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung	27
3.2 Stoff- und Energiebilanz	27
3.3 Umweltbilanz	31
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	32
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	33
4. Übertragbarkeit	34
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	34
4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)	34
5. Zusammenfassung/ Summary	35
6. Literatur	36

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Die Holzgroßhandlung Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG wurde 1964 gegründet. Nur wenige Jahrzehnte später hat sich aus dem damals noch ausschließlich lokal aktiven Holzhandelsbetrieb ein leistungsfähiges und überregional agierendes Großhandelsunternehmen mit weltweiten Kontakten entwickelt.

Stammsitz des Unternehmens ist das rund 80.000 m² große Firmenareal an der Oldenburger Straße in 49377 Vechta (Abb. 1). Von hier beliefert die Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG mit eigenen Lastzügen und zuverlässigen Hausspediteuren Verarbeiter und Händler der Holzbranche. Mit dem umfangreichen Lagerprogramm aus den Segmenten Schnittholz, Tischler- und Hobelware, Ausbauprodukte, Platten, Boden, Garten und Türen werden sämtliche Anforderungen des Marktes abgedeckt. Zu den wichtigsten Erfolgsstrategien gehört der weltweite Einkauf hochwertiger Ware, der Aufbau einer reibungslosen Logistik-Kette, die hohe fachliche Qualifikation der Mitarbeiter sowie die langfristige Investition in moderne Standorte mit hochwertiger technischer Ausstattung: Vollklimatisierte Großraum-Lagerhalle und leistungsfähiger Vakuum-Trockner.

Die Basis des Unternehmens ist die Generationen übergreifende Branchen- Erfahrung der Familie Ahmerkamp. Das sichert den Kunden auch in Zukunft Kontinuität und Innovationskraft.

Mit seinen hochqualifizierten Mitarbeitern an vier Standorten hat sich die Unternehmensgruppe Ahmerkamp inzwischen zu einem der führenden Unternehmen der Holzbranche entwickelt. Nur so kann Ahmerkamp den sich rasch verändernden Anforderungen des Holzmarktes gerecht werden.

Im Jahre 2020 hatte die Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG:

- 52 Angestellte (Verwaltung und Vertrieb)
- 48 gewerbliche Arbeitnehmer (Lager, Fuhrpark)
- 9 weitere Angestellte
- 9 Aushilfen

Im Unternehmensverbund waren 2020 167,5 Jahresvollzeitäquivalente beschäftigt.



Abbildung 1: Standort in Vechta

Zum Firmenverbund zählen neben Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG drei weitere Holzgroßhändler sowie Beteiligungs- und Verwaltungsgesellschaften.

Kommanditisten der Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG sind Carl (gen. Karl) Josef Ahmerkamp, Ralph Ahmerkamp und die R.A. Besitzgesellschaft mbH. Komplementärin ist die Karl Ahmerkamp Vechta Beteiligungsgesellschaft mbH, die zu 99% der R.A. Besitzgesellschaft mbH und zu 1% Karl Ahmerkamp gehören.

Herr Ralph Ahmerkamp ist seit über 25 Jahren in der Branche und bei der Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG in leitender Funktion erfolgreich tätig und kennt sich bei geschäftlichen und technischen Fragen bestens aus. Er wird im Vorhaben unterstützt vom kaufmännischen Geschäftsführer Torben Rupprecht und auf der technischen Seite von erfahrenen Mitarbeitern, u.a. einem Ingenieur.

Entwicklungspartner und möglicher Lieferanten für die automatisierte Stapelanlage waren die HELO TEC Automation GmbH & Co. KG und alternativ die Epkenhans und Brockhaus GmbH. Mit den Firmen wurde die Vorhabenidee von Ralph Ahmerkamp konkretisiert. Diese Lieferanten sind erfahren in der Entwicklung von Lösungen zur Fördertechnik. Sie arbeiten wiederum mit Partnern wie SEW-Eurodrive bei den Antriebs- und Steuerungskomponentenzusammen. Die Logistik-Software zum innovativen Hallenbetrieb wurde zusammen mit den Firmen Sintron und 3TEC konzipiert.

Im Rahmen mehrerer Besuche von Industriebetrieben hat Ralph Ahmerkamp die Idee entwickelt, Komponenten, die in der Industrie eingesetzt werden, zu einem geschlossenen System zusammenzufügen und erstmalig ein vollautomatisches Flächenlager

für Konstruktionsvollholz (KVH) im Holzhandel zu entwickeln und einzusetzen. In ca. 1,75 Jahren wurde das Konzept entwickelt und verfeinert. Dies erfolgte zusammen mit der Fa. Epkenhans und Brockhaus sowie mit der Fa. HELO TEC.

Für die Umsetzung des Projektes wurde die Fa. Epkenhans und Brockhaus ausgewählt. Während der Umsetzungsphase hat die Fa. Epkenhans und Brockhaus überraschend Insolvenz angemeldet. Als feststand, dass die Fa. Epkenhans und Brockhaus das Projekt nicht weiterführen können wird, hat sich die Fa. Ahmerkamp nach einem neuen Partner umgesehen, der das Projekt zu Ende führen kann. Die Wahl fiel auf das Schweizer Unternehmen Balz Maschinen AG. Mit diesem Unternehmen wurden sämtliche, erforderliche Parameter für das Projekt durchgesprochen und modifiziert, so dass sich keinerlei Abstriche in der Qualität bzw. Funktionalität ergeben haben.

Zur Berechnung der Umwelteffekte und Unterstützung bei der fördertechnischen Abwicklung wurde mit der Spitzmüller AG zusammengearbeitet.

1.2 Ausgangssituation

Im Holzhandel wurde die Lagerhaltung von Konstruktionsvollholz (KVH) bislang in Form von Hochregallägern und / oder Blocklägern betrieben. Dabei wurden im Hochregallager in einem Regalfach KVH-Stangen einer Länge und einer Dimension sortenrein gelagert. Die Warenauslagerung bzw. die Kommissionierung der Kundenbestellungen erfolgte mittels manueller Zusammenstellung der benötigten KVH-Stangen per dieselbetriebenem Gabelstapler. Sämtliche Arbeitsschritte wurden dabei bislang also händisch bzw. manuell unter Verwendung entsprechender Hilfsmittel – insbesondere Gabelstaplern – durchgeführt. Im Rahmen der Auslagerung wurden pro Kundenkommission typischerweise mehrere Längen und Dimensionen mit regelmäßig jeweils 1-2 Stück KVH der gleichen Art benötigt. Die bisherige Art der Kommissionierung erforderte, dass zunächst im Allgemeinen der gesamte Inhalt eines Regalfaches des Hochregallagers zum vorgesehenen Kommissionierplatz zur Zwischenlagerung transportiert werden musste. Auf dem Kommissionierplatz wurde sodann die benötigte Anzahl an KVH-Stangen händisch aus dem soeben geholten Paket (Inhalt des Regalfaches) entnommen. Im Anschluss daran mussten dann noch die verbliebenen Reststücke wieder zurück ins ursprüngliche Fach des Hochregallagers gebracht werden (Abb. 2). Sodann erfolgte derselbe Ablauf mit der nächsten Länge und/oder Dimension und zwar solange, bis sämtliche KVH-Stangen, die der Kunde bestellt hatte, zusammengestellt waren.

Nachdem sämtliche KVH-Stangen, die der Kunde bestellt hatte, zusammengestellt waren, wurden die kommissionierten KVH-Stangen (Kommissionspaket) per Hand von einem Mitarbeiter zunächst mit mehreren Plastikbändern umreift, um die Transportsicherheit des Kommissionspakets beim Transport zu gewährleisten. Um die Ware vor Nässe und anderen Umwelteinflüssen auf dem Transport und bei der Lagerung auf der Baustelle bzw. beim Kunden zu schützen, wurden die Kommissionspakete nach der Umreifung zusätzlich händisch von einem Mitarbeiter mit Folie (Stretch- oder Flachfolie) umwickelt. Dies führte dazu, dass bei der händischen Umwicklung der Waren mit Folien größere Überlappungsbereiche entstanden sowie durch die signifikant geringere Zugkraft bei händischer Umwicklung der Waren deutlich mehr Folie benötigt wurde als bei einer maschinellen Umwicklung.

Insgesamt wurden für die Kommissionierung von KVH einer Länge und Dimension, d.h. für die Entnahme der Waren aus dem Hochregallager, die Ablage der benötigten Stücke auf dem Kommissionierplatz und die Wiedereinlagerung der restlichen, nicht benötigten Stücke in das ursprüngliche Regalfach des Hochregallagers, ca. 5 Minuten benötigt. Dies stellte eine zeitaufwändige und wenig effiziente Arbeitsweise dar. Pro Jahr wurden dabei fast 35.000 l Diesel verbraucht und eine Personengefährdung durch Unachtsamkeit war jederzeit möglich.

Im Rahmen der Wareneinlagerung (WE) von KVH und Brettschichtholz (BSH) in das Hochregallager wurden – je nach Dimension – zwischen 8 – 80 Stangen KVH/BSH aus dem Blocklager¹ in das jeweilige Hochregallagerfach mittels Gabelstapler transportiert.

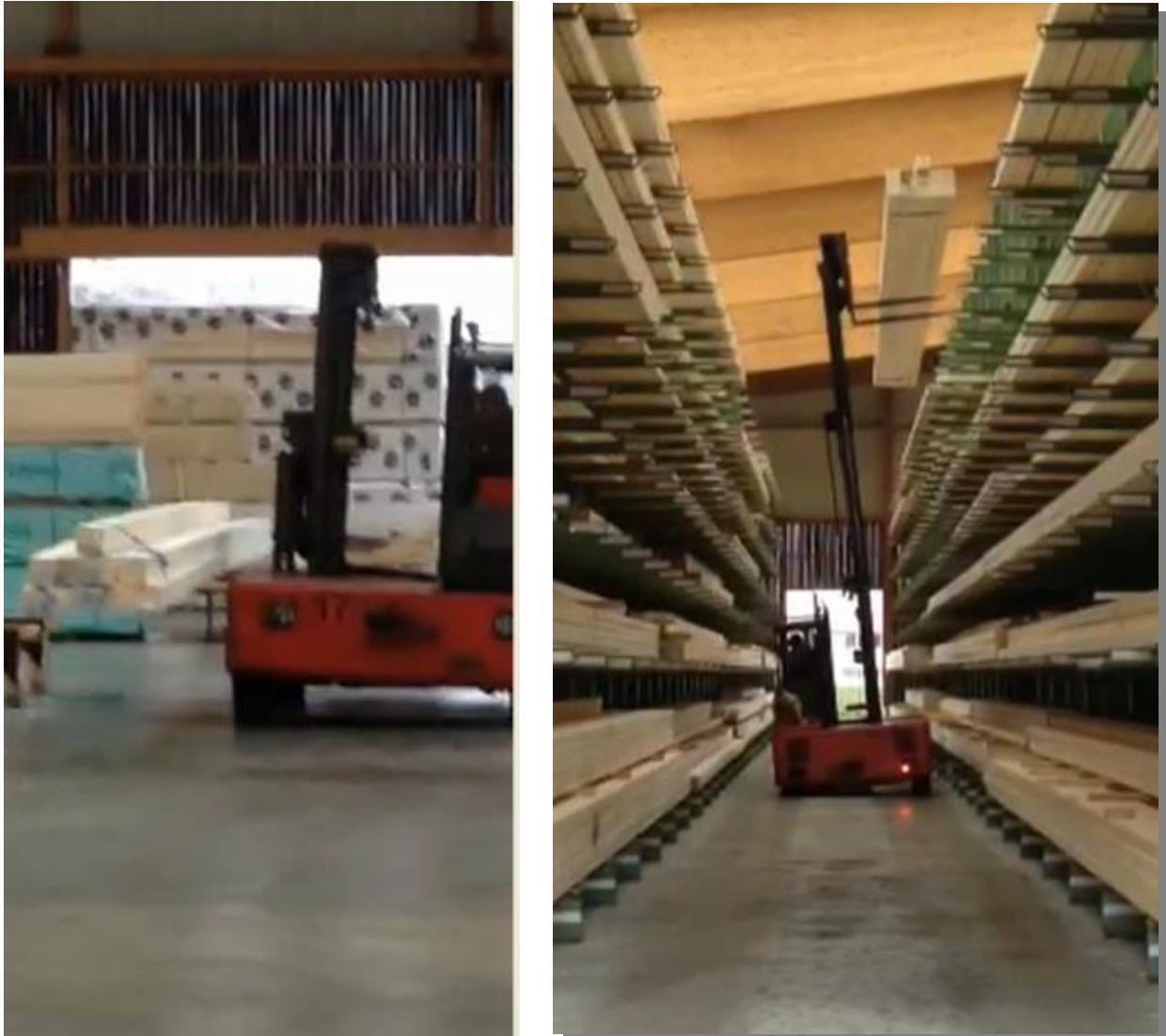


Abbildung 2: Kommissionieren von Konstruktionsvollholz KVH mit Abholen aus dem Wareneingang (links) und Ein- oder Auslagerung in ein Hochregallager durch Gabelstapler (rechts). Dies erfolgt i.d.R. paketweise. (Quelle: Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG)

¹ Ein Blocklager ist ein Vorratslager, in dem ganze Pakete eines Produktes als Reserve gelagert werden, ohne dass dabei Regale und andere Vorrichtungen verwendet werden. Der Begriff Blocklager ergibt sich dabei aus der Lagerung der einzelnen Pakete übereinander. Die übereinander gelagerten Pakete ergeben dadurch einen sog. Block.

2. Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens war es, die Lagerhaltung von Konstruktionsvollholz (KVH) durch eine Automatisierung des Prozesses deutlich effizienter zu gestalten und dabei den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoß erheblich zu reduzieren sowie Verpackungsmaterialien (PET-Material und Folien) einzusparen. Ferner sollte das Projekt zu einer Reduzierung von Holzverschnitt beim Kunden führen.

Die Automatisierung des Lagers mit Einzelbewegungen von KVH führt zu erheblichen Zeit- und Wegeeinsparungen, da gezielt einzelne Stücke befördert werden können und damit unnötige Materialverbringungen wegfallen. Der gesamte Logistikprozess wird somit erheblich modernisiert, verschlankt und verkürzt. Durch die Automatisierung des Lager- und Kommissionierungsprozesses lassen sich Kosten und nicht zuletzt auch der Ausstoß an CO₂ im Vergleich zur herkömmlichen Art der Lagerung und der Kommissionierung von KVH/BSH erheblich reduzieren. So lagen etwa die CO₂-Emissionen bei der herkömmlichen Lagerhaltung und Kommissionierung von KVH/BSH mittels Dieselgabelstapler bei der Firma Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG im Jahr 2014 bei ca. 73.543 kg CO₂ im Jahr. Vorabberechnungen zeigten, dass sich bei demselben Output durch die Automatisierung des Lagers bei der Firma Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG in mehreren Ausbau- bzw. Innovationsstufen die CO₂-Emissionen auf ca. 12.334 kg CO₂ im Jahr reduziert ließen. Das entspricht einer Reduzierung der CO₂-Emissionen von ca. 91% (siehe Tabelle 7) im Vergleich zur herkömmlichen Kommissionierung von KVH/BSH.

Neben der erheblichen Reduzierung der CO₂-Emissionen können durch die Integration einer automatischen Wickelmaschine in den Prozess der Automatisierung des KVH-/BSH-Lagers Einsparungen im Bereich der Verpackungsfolien erzielt werden, denn die automatische Wickelmaschine kann die gebildeten Kundenpakete effizienter mit Folie umwickeln als es händisch der Fall ist.

Auch unter gesundheitsbezogenen Aspekten hat die Automatisierung des Lagers positive Effekte. Die automatisierte Anlage läuft nämlich vollkommen emissionsfrei, so dass eine wesentlich gesündere Arbeitsumgebung geschaffen wird, denn ungesunde Abgase aus dem Auspuff des Gabelstaplers werden in den Hallen vermieden. Darüber hinaus ermöglicht die Automatisierung einen effizienteren Einsatz von Arbeitskräften. So sind die Arbeitskräfte beispielsweise nicht mehr mit dem manuellen Wiedereinlagern der ausgelagerten, aber nicht benötigten Waren beschäftigt und können sich somit anderen Aufgaben widmen. Damit lassen sich Kosten einsparen, da weniger Arbeitskräfte für die gesamte Logistik zur Verfügung stehen müssen. Hauptvorteile an dieser Maßnahme ist, dass der vorherrschende Mangel an Fachkräften im Gebiet um Vechta damit etwas ausgeglichen werden kann. Wie erwähnt stehen diese für andere

Aufgaben bereit und sind nicht mehr in dem Umfang wie zuvor mit dem Transport von KVH- und BSH-Stangen beschäftigt.

Zuletzt lässt sich anmerken, dass der Transport durch die automatisierte Anlage möglichen Verletzungen der Arbeitskräfte vorbeugt. Bei (kleineren und größeren) Unachtsamkeit wären Unfälle mit Holzstücken, Regalen oder dem Stapler denkbar. Mit der automatischen Kommissionierungsanlage wird dieses Risiko erheblich verringert. Das Transportgut kommt zur Arbeitskraft und nicht umgekehrt, sodass weniger Gefahrenpunkte entstehen. Fehler sind bei Verwendung automatisierter Technik zwar nicht ausgeschlossen, treten erfahrungsgemäß aber seltener auf als bei menschlichem Wirken. Außerdem wären denkbare Fehler grundsätzlich deutlich weniger mit Folgen für die Gesundheit der Mitarbeiter verbunden. Die Verladung findet nach wie vor manuell statt, sodass hier noch einmal die Möglichkeit besteht, den Warenausgang zu prüfen und etwaige Fehler des Systems zu erkennen.

Insgesamt lässt sich somit festhalten, dass die Automatisierung des Lagerprozesses von KVH zu einer deutlich effizienteren und umweltschonenderen Lagerhaltung führt.

2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

In der neuen Lösung erfolgt der Transport der KVH-/BSH-Stangen mit einem elektrisch betriebenen Kran- und Saugsystem sowie über Rollenbahnen und Querförderern. Es wird dabei stets nur so viel KVH/BSH wie nötig transportiert. Je Quertraverse (Brücke) können bis zu 2 Stücke KVH/BSH gleichzeitig befördert werden. Durch situationsabhängig optimierte Kombination von Ein- und Auslagerung sowie geschickte Anordnung der Lagerplätze werden die Fahrten minimiert, Leerfahrten vermieden und die Produktivität erhöht. Gleichzeitig führt die neue Technik zu erheblich reduzierten CO₂-Emissionen und eine Verringerung der benötigten Verpackungsmaterialien.

Mit der neuen Lösung werden alle KVH / BSH (Brettschichthölzer) pro Dimension und Holzart separat übereinandergestapelt, zwischen hochstehenden Stangen („Rungen“), die rechts und links des Stapels an Bodenschienen angebracht sind (vgl. Abb. 7 rechts). Das sind für ein 20 m breites Lager 289 Stapelreihen. In einer Reihe können auch 2 verschiedene KVH gleicher Breite gelagert werden, sodass derzeit 504 Lagerpositionen festgelegt sind. In der Anlage sind derzeit 270 KVH- und 81 BSH-Produkte der Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG sowie 39 verschiedene Arten von Massivholzplatten eingelagert. Die KVH- und BSH-Stangen sind parallel zur Längsrichtung nebeneinander eingelagert. Mehrere Rungen entlang der KVH-Stapel stellen die laterale Ausrichtung sicher (Rungenlager bzw. Stabmagazin). Der Abstand der Stapel ist so groß, dass Vakuumlastaufnahmen zwischen benachbarten Stapeln KVH bringen und holen können, ohne anzustoßen.

Insgesamt sind 4 Vakuumlastaufnahmen (Saugköpfe) verbaut, jeweils zwei sind mit einem Katz-Hubwerk verbunden. Die Vakuumlastaufnahmen können mittels fester Führungssäulen in z-Richtung auf- und ab bewegt werden. Die „Katzen“ fahren auf einer über die Hallenbreite verlaufenden Quertraverse (Brücke) in y-Richtung zur Ansaugposition.

Die Quertraverse (Brücke) ist auf Fahrschienen auf beiden Längsseiten der Halle gelagert und transportiert die KVH/BSH in X-Richtung. Die Regelung der Position des KVH/BSH erfolgt vor der Ablage mit einem Lasersystem. Die Bewegungen sind vorab berechnet und bezüglich Zykluszeit optimiert.

Bei der Wareneinlagerung erfolgt vor dem Ansaugen durch die Vakuumlastaufnahme eine Ausrichtung der einzulagernden Stangen in Längsrichtung. durch hydraulische Ausrichtesysteme am Wareneingang (WE), um die Nulllinie zu definieren. Grundsätzlich soll die Einlagerung bei der Rückfahrt der Quertraverse (Brücke) nach einem Transport zum Warenausgang erfolgen. D. h, nachdem eine oder mehrere Stangen an der Warenauslagerstation abgelegt wurden, soll der Roboter einzulagernde Stangen am Wareneingang aufnehmen und ins Lager verbringen, bevor der Roboter neue Stangen für den Warenausgang aus dem Lager entnimmt. Dabei soll möglichst eine Einlagerung aus dem Wareneingang in benachbarte Stapel der Reihen, aus denen der nächste Transport für die Kommissionierung am Warenausgang erfolgen soll, vorgenommen werden.

Zur weiteren Minimierung der Fahrwege wird bereits im Rahmen der Wareneinlagerung die softwaregesteuerte Wareneinlagerungsplanung für die Kommissionierung (Auslagerung) von KVH/BSH herangezogen. Im Rahmen der Wareneinlagerungsplanung findet eine Bedarfsanalyse bzw. -vergleich mit den zu kommissionierenden (auszulagernden) KVH/BSH-Stangen statt. Im Rahmen des Abgleichs wird ermittelt, ob eine „Umlagerung im Paket“ oder eine „Umlagerung“ erfolgen soll bzw. kann.

Bei der „Umlagerung im Paket“ wird ein KVH- bzw. BSH-Paket fast vollständig (einige wenige Stangen werden zuvor mittels Roboters in das Rungenlager eingelagert) von der Einlagerungsbahn direkt auf die Auslagerungsbahn mittels Querförderer (ohne Einsatz des Roboters) verbracht. Auf der Auslagerungsbahn werden ggf. noch weitere KVH- bzw. BSH-Stangen anderer Länge und/oder Dimension hinzugefügt und dann ausgelagert.

Bei der „Umlagerung“ wird KVH bzw. BSH (i.d.R. nur einige Stangen für eine bestimmte Kommission) mittels des Roboters direkt von der Einlagerungsbahn auf die Auslagerungsbahn umgelagert, ohne Umweg über das Rungenlager. Das restliche, verbleibende KVH- bzw. BSH-Paket, welches sich dann noch auf der Einlagerungsbahn befindet, wird mittels Roboters in das Rungenlager eingelagert.

Die Reihenfolge und Anordnung der KVH/BSH am Warenausgang (WA) ist software-optimiert so, dass ein umlade-, transport- und verladesicherer Stapel erzeugt wird, mit z.B. links und rechts gleicher Höhe des Stapels. So wird ein Paket für die Kommission verschiedener KVH/BSH als ungebundenes Paket zusammengestellt.

Umreifung und Umwicklung wurden in einer Einwickelmaschine integriert, so dass die Funktion der Umreifung durch die mechanische Spannung der Wickelfolie realisiert wurde. Durch Kettenförderer werden die KVH in X-Richtung auf die benachbarte Rollenbahn bewegt, die das Paket nach außen befördert. Ein Ausrichte- und Zentriersystem sorgt für die Ausrichtung in Y-Richtung. Am Ende der Rollenbahn ist ein Wickelautomat, der das Paket, während des Transports nach außen, mit Folie umwickelt, um es auf dem späteren Transport zum Kunden zu schützen. Eine ursprünglich geplante Umreifungsstation, um das Paket durch die Umreifung in sich zu fixieren, ist durch die starke Folienspannung aus der Wickelmaschine nicht mehr erforderlich. Das Paket wird dann mit Querförderern auf Pufferplätze bewegt. Vom äußersten Platz wird es mit herkömmlichen Mitteln (einem Gabelstapler) auf einen Lkw gehoben oder zu einer Verladebrücke transportiert.

Der Lagerplan der KVH/BSH im Stabmagazin ist so angelegt, dass die Fahrwege der oben beschriebenen Förderlogistik für die erfahrungsgemäß häufig vorkommenden Produkte minimiert sind; d.h. „Schnelldreher“ lagern nahe der Rollenbahnen, seltener bestellte KVH lagern entfernter und für häufiger nachgefragte KVH der gleichen Art gibt es mehrere Stapel.



Abbildung 3: Exemplarisches Beispiel wie die Vakuumlasteraufnahmen, auf den Katzen, einen Holzbalken aufnimmt (Quelle: Video von Ahmerkamp [Holz Ahmerkamp automatisierte Lagerhaltung - YouTube](#))



Abbildung 4: Wetterfestes Verpacken der Pakete durch den Wickelautomat



Abbildung 5: Darstellung des Holzlagers, aus dem die Katzen die benötigten Längen zusammenstellen (Quelle: Video von Ahmerkamp [Holz Ahmerkamp automatisierte Lagerhaltung - YouTube](#))



Abbildung 6: Seitenansicht in der Vogelperspektive des Holzlagers (Quelle: [Holz Ahmerkamp automatisierte Lagerhaltung - YouTube https://www.youtube.com/watch?v=OS2nWBTs4gE](https://www.youtube.com/watch?v=OS2nWBTs4gE))



Abbildung 8: Beladung eines Lkw mittels Gas-Frontstapler (nach Umsetzung des Projekts)

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Nach Bewilligung des Förderzuschusses Anfang November 2015 wurde der Gesamtauftrag für das KVH-Flächenlager an die Fa. Epkenhans und Brockhaus GmbH als Generalunternehmer vergeben. Diese wiederum holte sich zwei Subunternehmen zur Hilfe – „3Tec Automation GmbH & CO. KG“ in Vlotho für die Lagersteuerung und „Sintron Industrie-Elektrik GmbH“ in Rietberg für die Maschinenansteuerung. Da sich die Angebotshöhe der Firma Sintron nach Ablauf der Angebotsfrist mehr als verdoppelte, suchte die Fa. Epkenhans und Brockhaus einen neuen Subunternehmer für die Maschinenansteuerung, der wiederum mit der Firma 3Tec kooperiert. Infolgedessen kam es zu Änderungen im Projektablauf sowie hinsichtlich der Anlagensteuerung und Softwareprogrammierung. Dies führte zu einigen Verzögerungen bezüglich der elektrischen Installation. Zu diesem Zeitpunkt war das Vorhaben bei unveränderten vertragsgemäß festgelegten Kosten innerhalb eines nach hinten verschobenem Zeitplan für Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG noch wirtschaftlich umsetzbar. Auch seitens der Fa. Epkenhans und Brockhaus wurde die Einhaltung der vertraglichen Verpflichtungen angestrebt.

Während des Aufbaus des Lagers musste die Fa. Epkenhans und Brockhaus Ende 2016 Insolvenz anmelden. Es zeigte sich, dass eine Weiterführung der Firma nicht mehr möglich war.

Seit der Insolvenz unseres Generalunternehmers Epkenhans und Brockhaus GmbH am 28.12.2016 verfolgte AHMERKAMP zwei unterschiedliche Ansätze, um das Projekt doch noch zu einem erfolgreichen Ende zu bringen.

Im Rahmen des ersten Ansatzes sollte die vorhandene Quertraverse (Brücke) durch einen neuen Lieferanten weiter gebaut und vervollständigt werden. Hierzu wurden diverse Maschinenbauer kontaktiert und mit diesen Maschinenbauern vor Ort den Stand des Projektes angesehen. Leider zeigte sich, dass kein Maschinenbauer bereit war, die vorhandene Brücke zu Ende zu bauen. Da hier erhebliche Planungsarbeiten zu leisten waren, um die Konstruktion der Brücke nachzuvollziehen und die Statik der Brücke nachzuweisen. Allein diese beiden Arbeiten würden zu erheblichen Kosten führen, die durchaus über den Kosten einer Neukonstruktion liegen könnten. Zudem war kein Maschinenbauer bereit, die Gewährleistung für die vorhandene Brücke zu übernehmen.

Daher hat sich AHMERKAMP für die zweite Variante entschieden. Im Rahmen der zweiten Variante sollte nunmehr die Brücke neu konzipiert und der Wareneingang und -ausgang komplettiert werden. Dafür musste aber die vorhandene Brücke demontiert werden. Ferner konnten die schon gelieferten Motoren für die X-, Y- und Z-Achse nicht mehr verwendet werden.

Die neue Brücke, inklusive der dazugehörigen Maschinenansteuerung und Elektrifizierung, wurde von der Firma Balz Maschinen AG aus der Schweiz übernommen. Mit diesem Unternehmen wurden sämtliche erforderlichen Parameter für die Brücke durchgesprochen, so dass keinerlei Abstriche in der Qualität bzw. Funktionalität zu erwarten waren. Technisch löste die Firma Balz Maschinen AG viele Dinge allerdings anders als es die Firma Epkenhans und Brockhaus getan hätte. Zum Beispiel wurde der Antrieb der Brücke nicht mehr auf zwei Räder übertragen, sondern auf vier, um ein Durchdrehen der Räder bei der enormen Beschleunigung zu verhindern. Trotz Allradantrieb hielt die Firma Balz, für eine Brücke dieses Ausmaßes, die bisher angesetzten Beschleunigungswerte der Firma Epkenhans und Brockhaus für nicht realistisch. Gleiches haben auch andere Maschinenbauer, die kontaktiert worden waren, geäußert. Um die vorgegebenen Taktzeiten zu erreichen, wird inzwischen mit zwei Brücken gearbeitet.

Mit der Firma Balz Maschinen AG aus der Schweiz wurde somit eine geeignete Firma für die Fortführung gefunden, ohne dass Abstriche in der Qualität bzw. Funktionalität vorgenommen werden mussten.

In der vorstehenden Abbildung 7 ist zu sehen, wie das Projekt geplant und im Prinzip realisiert wurde. Allerdings gab es aufgrund der Insolvenz einige Abweichungen.

Von AHMERKAMP kommt das Logistikkonzept mit dem Konzept für die Belegung der Holzstapel und die Minimierung der Wege beim Ein- und Auslagern inkl. der Innovation von 2 Vakuumaufnahmen je Quertraverse (Brücke), so dass je Brücke zwei Stangen gleichzeitig transportiert werden können. Die Realisierbarkeit in einer Software in einem automatischen Lager wurde von 3Tec geprüft. Die Antriebe und zugehörige Steuerung wurden mit SEW-Eurodrive optimiert.



Abbildung 9: Auf der Abbildung ist u.a. zu erkennen, dass die Bretter unterschiedlich lang sind

Nachdem Anfang September 2018 dann die Projektarbeiten wieder aufgenommen wurde, war die Firma Balz AG federführend. Zunächst beschäftigen sich die Mitarbeiter der Firma Balz mit der Anpassung und Elektrifizierung des Wareneingangs und des Warenausgangs (Rollenbahnen). Im Anschluss wurde die alte Brücke demontiert. Dafür mussten ebenfalls die Servomotoren der alten Brücke ausgetauscht bzw. entsorgt werden. Die Motoren für die Brücke waren auf das Brückenkonzept der Firma Epkenhans und Brockhaus ausgerichtet und konnten im fortlaufenden Projekt nicht mehr verwendet werden. Leider war es uns - trotz intensiver Bemühungen – nicht möglich die Motoren weiterzuverkaufen. Letztlich werden die Motoren nunmehr wohl an einen professionellen Entsorger übergeben werden müssen, der die Motoren kostenneutral und fachgerecht entsorgt.

Ende des Jahres 2020 konnten sämtliche Arbeiten an dem Projekt erfolgreich abgeschlossen werden, so dass im Jahr 2021 nur noch die notwendige Dokumentation der Messdaten durchgeführt werden musste. Ende September 2021 lagen dann auch

sämtliche notwendigen Messdaten vor, so dass das Projekt Ende September 2021 endgültig als erfolgreich abgeschlossen angesehen werden kann.

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Für das innovative KVH-Flächenlager war keine gesonderte Betriebserlaubnis erforderlich. Für die Halle war eine Baugenehmigung einzuholen.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Das Messprogramm wurde wie folgt konkretisiert:

Mit Stoppuhr und spezifischer Messung des Stromverbrauchs in x-, y- und z-Richtung sowie am Wareneingang und Warenausgang und der weiteren Verbraucher (Kompressor, Drucker) wurde und wird nach Inbetriebnahme der Anlage der Energieverbrauch pro Zyklus und die Zeit pro Zyklus gemessen und mit den vorberechneten bzw. ermittelten Werten verglichen.

Beim Monitoring wird über einen Zeitraum von mehreren Monaten jeden Tag die Anzahl der ein- und ausgelagerten KVH bzw. BSH sowie der Energieverbrauch pro Verbrauchsgruppe (x, y, z, WE, WA, ...) erfasst, um die Produktivität und den Energieverbrauch im Rahmen eines Benchmarking mit dem herkömmlichen Lager und der Kommissionierung von KVH bzw. BSH und den gesetzten Projektzielen vergleichen zu können.

Für das Messprogramm sind Kosten in Höhe von 8.500 € für die Anfertigung einer entsprechenden Software und der entsprechenden Hardware angefallen. Die Erfassung der Stückzahlen ist in den Kosten für das Messprogramm bereits enthalten. Die Arbeitszeiten sind in der Vorkalkulation ebenfalls enthalten. Die Gesamtsumme der beantragten förderbaren Kosten bleibt unverändert.

2.6 Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Ab Februar 2021 ging man in einen regulären Messbetrieb über. Ein beispielhafter Auszug der Ergebnisse des Monats September 2021 ist nachfolgend dargestellt:

Roboter 1								
Sep 21								
Datum		"X"	"X"	"Y"	"Z"	"Z"	Gesamt ohne Rücksp. in kWh	Rückgesp. Energie in kWh
		Längsachse Links Zählerstand in kWh	Längsachse rechts Zählerstand in kWh	Querachse Zählerstand in kWh	Hubachse vorne Zählerstand in kWh	Hubachse hinten Zählerstand in kWh		
Di	31.08.2021	5.291,50	5.542,60	960,7	1.176,10	771,2	13.760,40	-3.463,11
Mi	01.09.2021	5.298,60	5.550,10	962,2	1.177,30	772,5	13.785,00	-3.467,96
Do	02.09.2021	5.306,80	5.558,80	963,7	1.178,80	774,1	13.806,50	-3.473,56
Fr	03.09.2021	5.315,20	5.567,30	965,2	1.180,10	775,4	13.827,50	-3.478,87
Sa	04.09.2021							
So	05.09.2021							
Mo	06.09.2021	5.321,60	5.574,20	966,3	1.181,30	776,5	13.844,20	-3.483,19
Di	07.09.2021	5.328,10	5.581,00	967,6	1.182,40	777,7	13.861,10	-3.487,74
Mi	08.09.2021	5.337,50	5.590,80	969,3	1.183,90	779,5	13.885,50	-3.493,89
Do	09.09.2021	5.343,80	5.597,70	970,5	1.185,40	780,2	13.902,10	-3.497,96
Fr	10.09.2021	5.348,30	5.602,40	971,4	1.186,30	781	13.913,90	-3.501,17
Sa	11.09.2021							
So	12.09.2021							
Mo	13.09.2021	5.352,20	5.606,60	972,2	1.887,10	781,7	13.924,30	-3.503,89
Di	14.09.2021	5.361,50	5.616,50	973,9	1.188,90	783,6	13.949,00	-3.510,44
Mi	15.09.2021	5.368,40	5.623,70	975,3	1.190,20	784,9	13.967,30	-3.514,90
Do	16.09.2021	5.374,80	5.630,40	976,6	1.191,40	786,1	13.984,00	-3.519,50
Fr	17.09.2021	5.383,20	5.639,20	978	1.192,60	787,8	14.005,50	-3.525,12
Sa	18.09.2021							
So	19.09.2021							
Mo	20.09.2021	5.393,90	5.650,10	980	1.194,50	789,9	14.033,20	-3.532,19
Di	21.09.2021	5.404,60	5.661,40	982	1.196,50	792	14.061,30	-3.539,55
Mi	22.09.2021	5.415,60	5.673,10	983,9	1.198,70	793,9	14.090,10	-3.546,72
Do	23.09.2021	5.426,30	5.684,50	985,8	1.200,50	795,9	14.117,90	-3.553,91
Fr	24.09.2021	5.430,30	5.688,70	986,6	1.201,30	796,6	14.128,40	-3.556,69
Sa	25.09.2021							
So	26.09.2021							
Mo	27.09.2021	5.441,50	5.700,50	988,8	1.202,90	798,7	14.157,30	-3.564,69
Di	28.09.2021	5.449,00	5.708,60	990,2	1.204,60	799,9	14.177,20	-3.569,99
Mi	29.09.2021	5.459,10	5.719,10	992,2	1.206,50	801,9	14.203,80	-3.576,83
Do	30.09.2021	5.468,00	5.728,30	993,7	1.208,20	803,7	14.226,90	-3.582,85
Differenz zw. 31.08 und 30.09		176,5	185,7	33	32,1	32,5	466,5	-119,7

Tabelle 1: Messung des Roboter 1 (Traversen-Brücke 1) während des Septembers 2021

Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, spart der Roboter 1 (eine der Quertraversen /Brücken) aufgrund der Rückspeisung 25,66 % (119,7 kWh pro Monat) seines Energieverbrauchs ein. Die Gesamtenergie fließt in die Berechnung der Energie pro Umlagerung und Energie pro Zyklus mit ein, siehe Tab. 5.

Roboter 2								
Sep 21								
Datum	"X"	"X"	"Y"	"Z"	"Z"	Gesamt ohne Rücksp. in kWh	Rückgesp. Energie in kWh	
	Längsachse Links Zählerstand in kWh	Längsachse rechts Zählerstand in kWh	Querachse Zählerstand in kWh	Hubachse vorne Zählerstand in kWh	Hubachse hinten Zählerstand in kWh			
Di	31.08.2021	4.258,3	4.541,8	862,5	1.100,5	820,0	11.601,3	-2.652,347
Mi	01.09.2021	4.264,4	4.548,1	863,8	1.101,8	820,9	11.617,2	-2.656,269
Do	02.09.2021	4.270,0	4.553,9	865,1	1.103,0	821,9	11.632,1	2.659,885
Fr	03.09.2021	4.275,4	4.559,4	866,2	1.104,2	823,0	11.646,5	-2.663,305
Sa	04.09.2021							
So	05.09.2021							
Mo	06.09.2021	4.278,9	4.563,0	866,9	1.104,9	823,7	11.655,6	-2.665,480
Di	07.09.2021	4.282,7	4.567,1	867,7	1.105,7	824,3	11.665,7	-2.668,140
Mi	08.09.2021	4.287,3	4.572,0	868,6	1.106,8	825,2	11.678,4	-2.671,060
Do	09.09.2021	4.291,8	4.576,6	869,5	1.107,6	825,9	11.689,8	-2.673,700
Fr	10.09.2021	4.296,2	4.581,3	870,6	1.108,2	827,0	11.701,9	-2.676,540
Sa	11.09.2021							
So	12.09.2021							
Mo	13.09.2021	4.309,2	4.585,4	871,5	1.109,1	827,7	11.712,5	-2.679,026
Di	14.09.2021	4.306,0	4.591,5	872,8	1.110,5	828,9	11.728,3	-2.682,689
Mi	15.09.2021	4.310,1	4.595,7	873,7	1.111,4	829,5	11.739,0	-2.685,177
Do	16.09.2021	4.314,8	4.600,7	874,7	1.112,2	830,4	11.751,4	-2.688,596
Fr	17.09.2021	4.320,6	4.606,8	875,8	1.113,3	831,5	11.766,7	-2.692,443
Sa	18.09.2021							
So	19.09.2021							
Mo	20.09.2021	4.327,6	4.614,4	877,3	1.115,0	833,1	11.786,1	-2.696,960
Di	21.09.2021	4.334,4	4.621,4	878,7	1.116,3	834,6	11.804,3	-2.701,350
Mi	22.09.2021	4.340,8	4.628,2	880,0	1.117,9	835,8	11.821,3	-2.705,360
Do	23.09.2021	4.349,2	4.697,1	881,8	1.119,5	837,4	11.843,6	-2.710,630
Fr	24.09.2021	4.353,4	4.641,6	882,6	1.120,4	838,1	11.854,7	-2.713,402
Sa	25.09.2021							
So	26.09.2021							
Mo	27.09.2021	4.368,4	4.652,2	884,8	1.122,7	840,0	11.881,7	-2.720,419
Di	28.09.2021	4.369,5	4.658,8	886,2	1.124,3	841,2	11.898,6	-2.724,472
Mi	29.09.2021	4.376,5	4.666,2	887,6	1.125,8	842,6	11.917,4	-2.729,057
Do	30.09.2021	4.384,2	4.674,4	889,0	1.127,2	844,5	11.938,5	-2.734,051
Differenz zw.		125,9	132,6	26,5	26,7	24,5	337,2	-81,7

Tabelle 2: Messung des Roboter 2 (Traversen-Brücke 2) während des Septembers 2021

Wie der Tabelle 2 zu entnehmen ist, spart der Roboter 2 (eine der Quertraversen / Brücken) aufgrund der Rückspeisung 24,23 % (81,7 kWh pro Monat) ein. Die Gesamtenergie fließt in die Berechnung der Energie pro Umlagerung und Energie pro Zyklus mit ein, siehe Tabelle 8.

Außerdem wurden die elektrischen Energieverbräuche der anderen Komponenten des automatisierten Lagers gemessen:

- Steuerung
- Wickler / Drucker
- Kompressor
- Wareneingang
- Warenausgang

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt

Stromzählerstände Halle 9 in kWh							
Sep 21							
Datum	Steuerung in kWh	Wickler / Drucker in kWh	Kompressor in kWh	Warenein- gang in kWh	Warenaus- gang in kWh	Gesamt in kWh	
Di	31.08.2021	5.293,5	6.306,0	18.310,2	1.250,0	881,5	32.041,2
Mi	01.09.2021	5.300,6	6.314,1	18.325,4	1.251,5	882,8	32.074,4
Do	02.09.2021	5.309,1	6.322,8	18.339,7	1.252,7	884,0	32.108,3
Fr	03.09.2021	5.317,7	63.312,8	18.352,9	1.253,8	885,3	89.122,5
Sa	04.09.2021						
So	05.09.2021						
Mo	06.09.2021	5.337,5	6.354,5	18.367,9	1.255,2	886,5	32.201,6
Di	07.09.2021	5.345,8	6.364,1	18.381,6	1.257,9	888,1	32.237,5
Mi	08.09.2021	5.354,7	6.373,5	18.396,8	1.259,2	889,6	32.273,8
Do	09.09.2021	5.362,9	6.382,5	18.441,6	1.260,6	890,9	32.338,5
Fr	10.09.2021						0,0
Sa	11.09.2021						
So	12.09.2021						
Mo	13.09.2021	5.389,5	6.412,2	18.439,1	1.264,5	893,8	32.399,1
Di	14.09.2021	5.396,8	6.422,4	18.456,2	1.266,2	895,8	32.437,4
Mi	15.09.2021	5.405,7	6.431,5	18.471,1	1.267,5	897,1	32.472,9
Do	16.09.2021	5.413,6	6.441,1	18.485,8	1.268,8	898,6	32.507,9
Fr	17.09.2021	5.420,6	6.450,7	18.500,5	1.270,0	900,2	32.542,0
Sa	18.09.2021						
So	19.09.2021						
Mo	20.09.2021	5.444,9	6.477,9	18.517,9	1.271,7	901,9	32.614,3
Di	21.09.2021	5.458,9	6.496,4	18.535,8	1.276,2	904,5	32.671,8
Mi	22.09.2021	5.461,9	6.501,2	18.552,4	1.278,3	906,1	32.699,9
Do	23.09.2021	5.476,9	6.520,1	18.570,3	1.283,3	908,9	32.759,5
Fr	24.09.2021	5.479,7	6.524,4	18.583,7	1.284,3	910,3	32.782,4
Sa	25.09.2021						
So	26.09.2021						
Mo	27.09.2021	5.509,3	6.555,5	18.601,9	1.286,3	911,0	32.864,0
Di	28.09.2021	5.512,4	6.560,9	18.618,8	1.287,6	913,7	32.893,4
Mi	29.09.2021	5.520,5	6.671,5	18.637,4	1.289,3	915,7	33.034,4
Do	30.09.2021	5.532,0	6.587,1	18.654,0	1.290,6	917,2	32.980,9
	Differenz zw. 31.08 und 30.09	238,5	281,1	343,8	40,6	35,7	939,7

Tabelle 3: Stromzählerstand der Halle 9 während des Septembers 2021.

Gleichartige Daten liegen monatsgenau seit April 2020 vor, wobei eine fehlerfreie Aufzeichnung des Regelbetriebs seit Februar 2021 vorliegt und für das Messprogramm des UIP-Projekts ausgewertet wurde. Außerdem wurden die elektrischen Energieverbräuche der anderen Komponenten des automatisierten Lagers gemessen.

Nachfolgende Tabelle 4 zeigt: Bewegungsdaten der Stückzahlen während des Septembers 2021. Gleichartige Daten liegen monatsgenau seit April 2020 vor, wobei eine fehlerfreie Aufzeichnung des Regelbetriebs seit Februar 2021 vorliegt und für das Messprogramm des UIP-Projekts ausgewertet wurde.

Als ein- bzw. ausgelagert zählen Bewegungen von und zum Rungenlager mittels Traverse. Als Zyklenzahl wird die Summe aus der Anzahl der Stücke im Rahmen der Umlagerungen, der Anzahl der Stücke im Rahmen der Umlagerungen im Paket sowie der Mittelwert der Stücke an Ein- und Auslagerungen herangezogen.

Bei der „Umlagerung“ wird KVH bzw. BSH (i.d.R. nur einige Stangen für eine bestimmte Kommission) mittels des Roboters direkt von der Einlagerungsbahn auf die Auslagerungsbahn umgelagert, ohne Umweg über das Rungenlager. Das restliche, verbleibende KVH- bzw. BSH-Paket, welches sich dann noch auf der Einlagerungsbahn befindet, wird mittels Roboters in das Rungenlager eingelagert.

Bei der „Umlagerung im Paket“ wird ein KVH- bzw. BSH-Paket fast vollständig von der Einlagerungsbahn direkt auf die Auslagerungsbahn mittels Querförderer (ohne Einsatz des Roboters) verbracht. Einige wenige Stangen werden zuvor mittels Roboters in das Rungenlager eingelagert. Auf der Auslagerungsbahn werden ggf. noch weitere KVH- bzw. BSH-Stangen anderer Länge und/oder Dimension hinzugefügt und dann ausgelagert.

Bewegungsdaten in Stück						
Tag	Stück Eingelagert	Stück Ausgelagert	Stück Umgelagert	Stück umgelagert im Paket	Gesamtanzahl Bewegungen	Anzahl Zyklen
1	181	205	3	62	451	258
2	197	289	1	76	563	320
3	226	244	0	33	503	268
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	161	121	22	30	334	193
7	155	165	14	30	364	204
8	189	278	2	52	521	287,5
9	125	182	0	7	314	160,5
10	189	122	7	46	364	208,5
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	77	206	17	67	367	225,5
14	216	380	1	95	692	394
15	129	209	2	92	432	263
16	182	229	8	87	506	300,5
17	112	310	13	28	463	252
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	312	318	29	129	788	473
21	303	264	6	74	647	363,5
22	382	202	19	129	732	440
23	265	341	3	137	746	443
24	135	140	2	59	336	198,5
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	426	296	4	62	788	427
28	165	306	12	139	622	386,5
29	255	338	0	26	619	322,5
30	302	268	1	79	650	365
Gesamt	4684	5413	166	1539	11802	6753,5

Tabelle 4: Bewegungsdaten der Stückzahlen während des Septembers 2021.

Bewegungsdaten in CBM						
Tag	CBM Eingelagert	CBM Ausgelagert	CBM Umgelagert	CBM umgelagert im Paket	Gesamtanzahl Bewegungen	Anzahl Zyklen
1	33,82	34,8	0,59	7,91	77,12	43
2	34,07	44,86	0,17	10,72	89,82	50
3	28,13	41,77	0	4,75	74,65	40
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	29,96	21,73	4,89	7,66	64,24	38
7	25,28	27,08	2,62	5,67	60,65	34
8	32,77	49,73	0,31	6,75	89,56	48
9	29,34	31,89	0	0,9	62,13	32
10	27,96	22,85	1,75	7,48	60,04	35
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	15,99	30,5	3,46	10,3	60,25	37
14	34,18	60,31	0,1	16,5	111,09	64
15	18,01	38,11	0,52	13,23	69,87	42
16	20,31	42,92	1,34	14,14	78,71	47
17	24,43	48,2	2,39	5,3	80,32	44
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	51,97	52,51	2,71	17,67	124,86	73
21	47,76	48,17	0,95	11	107,88	60
22	72,9	39,3	3,05	15,54	130,79	75
23	51,21	62,25	0,56	24,44	138,46	82
24	16,44	24,17	0,35	8,19	49,15	29
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	68,12	51,02	0,92	8,33	128,39	69
28	27,09	57,17	2,19	19,72	106,17	64
29	43,41	57,43	0	4,87	105,71	55
30	46,92	49,07	0,19	8,8	104,98	57
31					0	
Gesamt	780,07	935,84	29,06	229,87	1974,84	1117

Tabelle 5: Bewegungsdaten in Kubikmetern während des Septembers 2021

CBM bedeutet Kubikmeter (m³), sprich hier werden die Angaben nicht pro Stück, sondern Kubikmeter gezählt. Da die KVH- und BSH-Stangen sich in der Länge und Dimension zum Teil erheblich unterscheiden, verwendet die Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG intern meistens die Einheit Kubikmeter als Gradmesser.

Absoluter Stromverbrauch / Stromverbrauch pro Stück / CBM / Zyklus						
		September 2021:		Anzahl Stück	Anzahl Zyklen	CBM (m ³)
				11802	6753,5	1974,84
Gruppe		absoluter Stromverbrauch in kWh	Stromverbrauch pro Stück in kWh	Stromverbrauch pro Zyklus in kWh	Stromverbrauch pro CBM in kWh	
Roboter 1	X-Achse	362,2	0,0307	0,0536	0,1834	
Roboter 1	Y-Achse	33,0	0,0028	0,0049	0,0167	
Roboter 1	Z-Achse	64,6	0,0055	0,0096	0,0327	
Roboter 2	X-Achse	258,5	0,0219	0,0383	0,1309	
Roboter 2	Y-Achse	26,5	0,0022	0,0039	0,0134	
Roboter 2	Z-Achse	51,2	0,0043	0,0076	0,0259	
Steuerung		238,5	0,0202	0,0353	0,1208	
Wickler / Drucker		281,1	0,0238	0,0416	0,1423	
Kompressor		343,8	0,0291	0,0509	0,1741	
Wareneingang		40,6	0,0034	0,0060	0,0206	
Warenausgang		35,7	0,0030	0,0053	0,0181	
Rückspeisung Energie		-201,443	-0,0171	-0,0298	-0,1020	
Gesamt		1.534,3	0,1300	0,2272	0,7769	

Tabelle 6: Darstellung der spezifischen Verbräuche des Monats September 2021 (CBM = m³)

In dieser Zusammenfassung ist zu erkennen, dass im Monat September 2021 201,44 kWh Strom durch die Energierückgewinnung eingespart werden konnten. Dies entspricht einem Anteil von 13,3 % allein durch die Energierückspeisung.

Das Ergebnis 0,227 kWh el / Verlagerung ist zu vergleichen mit dem bisherigen spezifischen Verbrauch von 2,3 kWh Diesel / Zyklus und den prognostizierten Verbräuchen von 0,394 bis 0,214 kWh el / Zyklus, siehe Tabelle 7.

Die Energieeinsparung des automatischen Lagers liegt im Bereich von 90%. Eine genauere Analyse mit Ergebnissen der von 8 Monaten im Regelbetrieb ist im nächsten Kapitel dargestellt.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Trotz der beschriebenen Probleme durch die Insolvenz der Fa. Epkenhans und Brockhaus und der damit einhergehenden notwendigen Umplanung und Neukonzipierung des Projektes sowie der Suche nach einer Verwendung für die nicht mehr brauchbaren Teile der ursprünglichen Anlage führte das Vorhaben zum geplanten Ergebnis. Die KfW erwies sich dabei als hervorragend unterstützender Partner in der Finanzierung sowie Abwicklung und stand uns insbesondere auch in den schwierigen Zeiten des Projektes jederzeit helfend und beratend zur Seite.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Der Energieverbrauch zur Ein- und Auslagerung betrug bei der herkömmlichen Lagerhaltung und Kommissionierung von KVH- und BSH-Stangen im Hochregallager 3,7 l Diesel/ h/ Stapler. Pro Arbeitstag waren 4 Stapler 8 Stunden lang im Einsatz. Für eine Auslagerung fuhr der Stapler zum Regalfach, holte den gesamten Inhalt und brachte ihn zum Warenausgang. Dort wurden im Mittel 1,4 KVH abgeladen und der Rest wurde wieder zurückgebracht. Dieser Vorgang dauerte ca. 5 min. Bei der Einlagerung wurden im Mittel ca. 10 KVH auf einmal eingelagert innerhalb von 2 min. Pro KVH betrug die Zykluszeit für Ein- und Auslagerung in Summe 3,77 min mit einem Verbrauch an Diesel-Kraftstoff von 2,3 kWh.

Bei 252 Arbeitstagen pro Jahr ergeben sich die Energieverbräuche und CO₂-Emissionen von Tabelle 8 für den Istzustand.

Die Innovation Stufe 1 der Tab. 7 basiert auf dem Einsatz eines Vakuumtransporteurs, Rollenbahnen und Querförderern, aber nur mit einem Hubwerk auf der Quertraverse (Brücke), nur einer Rollenbahn und dem Transport von nur einer KVH- bzw. BSH-Stange gleichzeitig. Bei der Rückfahrt wird keine KVH- bzw. BSH-Stange mitgenommen. Dies entspricht einem Aufbau und einer Betriebsweise, wie sie zur Herstellung von KVH oder zur Verarbeitung von KVH in einigen wenigen Betrieben schon im Einsatz sind. Dort spielen die Umschlagsgeschwindigkeit und die Variantenvielfalt eine geringere Rolle als im Holzgroßhandel. Zudem sind auch die Lagergrößen (Anzahl der Lagerplätze) wesentlich kleiner (mindestens um den Faktor 5). Dies ist verständlich, da das Großhandelslager von Ahmerkamp Lieferungen von einer Vielzahl von KVH- und BSH-Produzenten einlagert und an eine große Zahl verschiedener Abnehmer (bspw. Zimmereien, Wiederverkäufer, etc.) für unterschiedlichste Einsatzzwecke ausliefert. Der Einsatz der Technik ist theoretischer Natur, da ein solches Lager im Bereich Großhandel nicht bekannt ist, die Anforderungen, aber höher sind wegen kürzerer Taktzeiten, größerer Verfahwege bei enger Toleranz (+/-2cm Abstand).

	Ist-Zustand Hochregal- lager mit Diesel- Seiten- staplern	Innovation Stufe 1 Automatisch mit Vakuum- transporteur, (theoretisch)	Innovation Stufe 2 Autom. mit Vakuumtransp., Kombination Ein-/Auslagerung	Innovation Stufe 3 Autom. mit Vakuumtransp., 2xKombination Ein-/Auslag.
Energie/ KVH-Zyklus (kWh)	2,30	0,394	0,263	0,214
Zyklen Ein-/Aus p.a.	100.227	100.227	100.227	100.227
Endenergie (kWh/a)	230.536	39.517	26.359	21.414
Energieeinsparung (kWh/a)	0	191.019	204.177	209.122
Energieeinsparung	0%	83%	89%	91%
CO2-Emission (kg/a)	73.543	22.762	15.183	12.334
CO2-Einsparung (kg/a)	0	50.782	58.360	61.209
CO2-Einsparung	0%	69%	79%	83%
Produktivität (Zyklen/Tag)	398	267	382	455
Produktivitätsänderung	0%	-33%	-4%	14%
Energie- & CO2-Einsparung durch Innovation Stufen 2, 3		0%	33%	46%

Tabelle 7: Darstellung der geplanten Energie- und CO₂ Einsparung basierend auf den unterschiedlichen Innovationsstufen (Vorkalkulation, Emissionsfaktoren von 2015)

Bei Innovation Stufe 1 werden bei der Anlieferung von KVH die Hölzer einzeln eingelagert, jeweils mit einer Leerfahrt des Vakuumtransporteurs zurück zum Lageplatz des KVH bzw. BSH, das als nächstes eingelagert werden soll. Die Auslagerung erfolgt dann ebenso einzeln mit je einer Leerfahrt zur Lagerposition des nächsten auszulagernden KVH bzw. BSH. Die Zeiten und Wege wurden der Auslegung von HELO TEC in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten der Antriebe (SEW-Eurodrive) entnommen bzw. abgeleitet. Die Energien wurden aus den Drehmomenten und Umdrehungszahlen errechnet. Die Ergebnisse wurden anhand von Plausibilitätsüberlegungen (kinetische Energie, potenzielle Energie) geprüft und erscheinen plausibel. Diese prinzipiellen Einsparungen waren auch mit der Anlage der Fa. Epkenhans und Brockhaus und dann mit der der Balz Maschinen AG zu erwarten. Mit dieser Anlage und Verfahrensweise ließe sich schon eine Einsparung von 67 % an CO₂ erzielen, s. Tab. 4, allerdings auf Kosten der Produktivität, die 1/3 niedriger liegt als beim herkömmlichen, manuellen Lager.

Durch die Mitnahme eines KVH zur Einlagerung in eine der nächsten Entnahme für die Auslagerung benachbarten Lagerposition wurde die Produktivität nahezu auf das Niveau gehoben, das bei der herkömmlichen, manuellen Lagerhaltung erreicht wurde, und gleichzeitig könnten >30 % Energie und CO₂ eingespart werden, siehe vorletzte Spalte in Tab. 7, Stufe 2 der Innovation gegenüber Stufe 1, die einen theoretischen Referenzfall darstellt.

Zusätzlich war vorgesehen, dass auf der Quertraverse (Brücke) nicht nur auf der einen, sondern auch auf der anderen Seite ein Hubwerk vorhanden ist, welches jeweils ein KVH heben kann. Dies ist ebenfalls völlig neu. Im Ergebnis dieser 3. Stufe der Innovation würde die Produktivität deutlich gesteigert und die Energieeffizienz weiter verbessert (Tab. 7, rechte Spalte). Voraussetzung für relativ kurze Fahrwege zwischen verschiedenen Ein- und Auslagerungspositionen war die optimierte Belegung der Positionen, die optimierte Nutzung der Pufferstationen bei Ein- und Auslagerung und die Software, die die Ein- und Auslagerung für verschiedene Kommissionen und Anlieferungen optimiert wurde. In der Praxis können die Wege kürzer oder länger sein.

Bei der Bremsung wird keine Energie verbraucht. Eine Rückspeisung der Bremsenergie wurde umgesetzt und unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade von Motor und Umrichter. Ebenso wurde durch z.T. noch effizientere Motoren (mindestens IE3) der Energieverbrauch weiter reduziert.

In der nachfolgenden Tabelle 8 ist die Vergangenheit mit der Gegenwart, nach Umsetzung des Projekts, dargestellt. Alle Daten der Gegenwart basieren auf den vorausgehend beschriebenen Messungen der letzten 8 Monate, linear extrapoliert auf 12 Monate.

Als Emissionsfaktoren wurden die für Energieeffizienzmaßnahmen 11/2021 verbindlichen der KfW genommen. Der Einfluss der Emissionsfaktoren ist gering.

Der Tabelle 8 ist zu entnehmen, dass die vor dem Projekt durchgeführten Kalkulationen äußerst präzise erfüllt wurden. Die Gegenwart ist nahezu die Innovationsstufe 3.

Vergleich	Vergangenheit	Gegenwart
Energie / Zyklus (gemessen)	2,304	0,224
Zyklen p.a.	100.501	100.501
Endenergie p.a.	231.590,91 kWh Diesel	22.474,37 kWh el.
Energieeinsparung in kWh		209.116,54 kWh
Energieeinsparung in %		90%
spezifischer CO ₂ -Emissionsfaktor wie im Antrag (kg CO ₂ -eq/ kWh)	0,266	0,366
CO ₂ -Emission	61.603,18 kg/a	8.225,62 kg/a
CO ₂ -Einsparung in kg/a		53.377,56 kg/a
CO ₂ -Einsparung in %		87%

Tabelle 8: Dargestellte Energieeinsparungen und Umweltentlastungen nach und vor Umsetzung des Vorhabens

Eine genauere Analyse über 8 Monate zeigt Tabelle 9:

	Sept	Aug	Jul	Jun	Mai	Apr	Mar	Feb	Gesamt	Anteil
Anzahl Zyklen	6.754	5.376	3.899	8.768	11.352	12.548	12.179	6.127	67.001	100,0%
Energie ges. [kWh el]	1.534	1.473	1.853	1.955	2.101	2.115	2.335	1.617	14.983	100,0%
Roboter 1x	362,2	307,5	131,2	508,4	592,4	613,3	617	374	3.506	23,4%
Roboter 1y	33	7,9	31,6	44,2	54,7	56,6	55,9	33,7	318	2,1%
Roboter 1z	64,6	53,7	27	69,3	104,2	109,4	106,3	66	601	4,0%
Roboter 2x	258,5	253,4	801,7	411,5	451,1	449	448,9	243,4	3.318	22,1%
Roboter 2y	26,5	25,4	76,5	40	46	45,5	44,8	24,1	329	2,2%
Roboter 2z	51,2	48	166	85,8	98,5	95,4	91,6	50,1	687	4,6%
Steuerung	238,5	235,7	211	211,7	181,5	181	198,7	171,3	1.629	10,9%
Wickler / Drucker	281,1	262,1	241,4	264,7	336,6	316,1	439,8	391,8	2.534	16,9%
Kompressor	343,8	390,6	382,3	537,2	466	470,7	549,1	371,5	3.511	23,4%
Wareneingang	40,6	37,4	44,7	43,3	56,6	57,5	58,2	46,5	385	2,6%
Warenausgang	35,7	28,4	26,6	36,9	47	51,9	58,6	27	312	2,1%
Rückspeisung Energie	-201	-177	-287	-298	-334	-332	-333	-183	-2.145	-14,3%
Energie pro Zyklus [kWh el]	0,227	0,274	0,475	0,223	0,185	0,169	0,192	0,264	0,224	100,0%

Anteil am Energieverbrauch	Sept	Aug	Jul	Jun	Mai	Apr	Mar	Feb	Gesamt	Anteil
Roboter 1x	24%	21%	7%	26%	28%	29%	26%	23%	23%	23,4%
Roboter 1y	2%	1%	2%	2%	3%	3%	2%	2%	2%	2,1%
Roboter 1z	4%	4%	1%	4%	5%	5%	5%	4%	4%	4,0%
Roboter 2x	17%	17%	43%	21%	21%	21%	19%	15%	22%	22,1%
Roboter 2y	2%	2%	4%	2%	2%	2%	2%	1%	2%	2,2%
Roboter 2z	3%	3%	9%	4%	5%	5%	4%	3%	5%	4,6%
Steuerung	16%	16%	11%	11%	9%	9%	9%	11%	11%	10,9%
Wickler / Drucker	18%	18%	13%	14%	16%	15%	19%	24%	17%	16,9%
Kompressor	22%	27%	21%	27%	22%	22%	24%	23%	23%	23,4%
Wareneingang	3%	3%	2%	2%	3%	3%	2%	3%	3%	2,6%
Warenausgang	2%	2%	1%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	2,1%
Rückspeisung Energie	-13%	-12%	-15%	-15%	-16%	-16%	-14%	-11%	-14%	-14,3%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Energie pro Zyklus	0,227	0,274	0,475	0,223	0,185	0,169	0,192	0,264	0,224	

Tabelle 9: Energieverbrauch der einzelnen Komponenten der Monate Febr. bis Sept. 2021

Der gemessene Energieverbrauch pro Zyklus schwankt monatsweise zwischen 0,169 und 0,475, im Mittel sind es 0,224 kWh/Zyklus. Der Wert von 0,475 ist bei Analyse im unteren Teil von Tabelle 9 durch einen hohen Anteil von Roboter 2x bedingt. D.h. die 2. Traverse (Brücke) bewegte sich sehr viel in x-Richtung. Beim Roboter 1 lag zu dieser Zeit ein technischer Defekt vor.

Nimmt man den Juli als Ausreißer weg, so beträgt der Mittelwert des Energieverbrauchs pro Zyklus 0,208 +-0,02 kWh. Die Schwankungen sind durch die Anzahl der besonders energieeffizienten Umlagerungen zu erklären oder durch Lerneffekte bei der Software und deren Nutzung in der Kommissionierung.

Auch die Gesamtzahl der Zyklen variiert stark. Je weniger Umlagerungen im Monat, desto höher ist der spezifische Energieverbrauch pro Zyklus. Tatsächlich ist der Anteil des Schraubenkompressors von 23% am gesamten Energieverbrauch hoch. Aufmerksamkeit verdient auch der hohe Anteil der Steuerung in den Monaten August und September.

So hilft das Monitoring beim Auffinden von Abweichungen, die zu automatisierten und KI-basierten Kontrollen, Regelschleifen und Optimierungen genutzt werden können.

3.3 Umweltbilanz

Durch die Umstellung konnte eine bessere Umweltbilanz erzielt werden (siehe Tabelle 8). Das bezieht sich zunächst auf den Energiebedarf und damit einhergehend auf die CO₂-Emissionen.

Ferner ließ sich das benötigte Verpackungsmaterial reduzieren:

Umreifungsband entfiel, das macht im Jahr eine Ersparnis von ca. 1,1 t PET Material (12mm x 0,7mm).

Gegenüber der bisherigen Verpackungsart mit handgewickelter Folie gibt es einen Einspareffekt von geschätzt ca. 5-8% durch die Dehnung, was pro Jahr einer Einsparung von ca. 105 kg Stretchfolie entspricht (50cm x 23µm, insgesamt ca. 1550 kg/a).

Ein zusätzlicher Einspareffekt kommt durch die mögliche sparsame Wicklung mit minimalem Überlapp, was mit dem Wickelautomaten besser kontrollierbar ist, hier aber nicht beziffert werden kann.

Weiterhin werden Flachfolien der Dicke 40 - 50 µm gespart, von denen im Jahr ca. 600 kg für die Holzbalken verwendet werden.

Der Holzverschnitt beim Kunden wird durch eine passgenauere Lieferung des KVH reduziert, ermöglicht durch die Lagerhaltung einer höheren Anzahl an Holzgrößen (Länge x Breite x Höhe). Eine genaue Bezifferung der Holzeinsparung ist an dieser

Stelle jedoch nicht möglich, da Holzeinsparungen extern erzielt werden. Wir gehen jedoch vorsichtig geschätzt von ca. 5 – 10% Holzeinsparung beim Kunden aus.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Investitionssumme Maschine		1.997.516,58 €
Beantragte Förderung	30%	599.254,97 €
Investitionssumme abzügl. Förderung		1.398.261,61 €

Zusatzerträge

Neu:	Mehrertrag pro m ³ von 1,00 €	30.000	€/a
------	--	--------	-----

Energiekosten

Bisher:	Energieverbrauch 4 Stapler	34.965	l Diesel / a
	Dieselpreis	1,64	€/l
	Energiekosten bisher 4 Stapler	57.343	€ p.a.
Neu:	Energieverbrauch neue Anlage	36.000	kWh Strom/a
	Strompreis Ahmerkamp	0,37	€/ kWh
	Energiekosten neue Anlage	13.320	€/a
	Energiekosteneinsparung	44.023	€/a

Kosten Verpackungsmaterial

Bisher:	Umreifungsband	1,7	t/ a
Neu:	Umreifungsband (entfällt)	0	t/ a
	Kosteneinsparung Umreifungsband	2.154	€/ a

Bisher:	Stretchfolie	2,325	t/ a
Neu:	Stretchfolie Einsparung ca. 5%	0,105	t/a
	Kosteneinsparung Stretchfolienmaterial	269	€/a

Bisher:	Flachfolie	0,6	t/a
neu	Flachfolie Einsparung	0,4	t/a
	Kosteneinsparung Flachfolienmaterial	1.013	€

Personalkosten

Bisher	Anzahl Personen (Ein-/Auslagerung)	5	
Neu	Anzahl Personen (An-/Abtransport Bündel)	2	
	Kosten pro Person	35.000	€
	Einsparung an Personalkosten	105.000	€

Kapitalkosten

	Laufzeit	10	a
	Zinsen KfW Energieeffizienzdarlehen	1,00%	

Zinskosten (Mittelwert)	-7.251	€ p.a.
-------------------------	--------	--------

Abschreibung

Laufzeit	15	a
linearer Abschreibungssatz	6,67%	
Abschreibung in Euro	-133.333	€ p.a.

Kosteneinsparung und Mehrerträge pro Jahr bis 10 Jahre	41.873
Kosteneinsparung und Mehrertrag pro Jahr nach 10 Jahren	49.124

Amortisationszeit ohne Förderung

Amortisationszeit	42,19	Jahre
-------------------	-------	-------

Mit voller Förderung 30% wie beantragt:

Kapitalkosten

Laufzeit	10	a
Zinsen KfW Energieeffizienzdarlehen	1,00%	
Zinskosten (Mittelwert)	-5.045	€ p.a.

Abschreibung

Laufzeit	15	a
linearer Abschreibungssatz	6,67%	
Abschreibung in Euro	-93.333	€ p.a.

Kosteneinsparung und Mehrerträge pro Jahr bis 10 Jahre	84.079
Kosteneinsparung und Mehrertrag pro Jahr nach 10 Jahren	89.124

Amortisationszeit mit voller Förderung

Amortisationszeit	16,27	Jahre
-------------------	-------	-------

Tabelle 10: Wirtschaftlichkeitsanalyse

Insgesamt wurde eine Amortisationszeit von 42,19 Jahren errechnet (Tabelle 10). Aufgrund der Förderung beträgt die Amortisationszeit 16,27 Jahre. Als Lebensdauer der Anlage werden mindestens 20 Jahre erwartet.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Nach unserem Kenntnisstand waren bis vor kurzem alle Holzgroßhandelslager in Deutschland Kragarmlager mit Gabelstapler (Seitenstapler) als Transportmittel.

Elektrisch betriebene Kransysteme und kleine Stapellager werden bereits mit Vakuumlasteraufnahmen bei Industrieunternehmen für das automatische Ein- und Auslagern von KVH verwendet. Im Vergleich zum Holzgroßhandel ist die Anzahl an Varianten durch verschiedene Holzarten, Querschnitte und Längen wesentlich geringer. Der Energieverbrauch und die Transportzeiten spielen eine weit geringere Rolle als im Holzgroßhandel. In den vergangenen Jahren wurde ein Konzept entwickelt, das einen wirtschaftlichen Einsatz für KVH im Holzgroßhandel ermöglicht und dabei Energieverbrauch und Transportzeiten minimiert. Dies wurde jetzt erstmals realisiert. Aufgrund unseres Pilotprojektes hat es bereits einen „Nachbau“ unseres vollautomatischen KVH-Flächenlager mit der Firma Balz in Süddeutschland gegeben. Ca. 20 weitere Unternehmen waren bereits bei uns vor Ort und haben sich unser Pilotprojekt mit sehr großem Interesse angesehen.

Elemente der Innovation sind:

1. Vakuumtransportsystem für Holzgroßhandelslager von KVH/BSH-Balken
2. Kombination von Einlagerungs- und Auslagerungstransport
3. Gleichzeitiger Transport von bis zu 2 KVH/BSH-Balken je Quertraverse (Brücke)
4. Automatisierungssoftware mit Optimierungsalgorithmen hinsichtlich Verfahrenswegen und Stapelbildung
5. Stapellagerbelegung, die hinsichtlich Produktivität und Energieverbrauch optimiert ist.
6. Anzahl und Anordnung der Rollenbahnen, Querförderer/Pufferplätze für optimierte Kombinierbarkeit von Ein- und Auslagerung bei minimalen Verfahrenswegen
7. Ausrichte- und Zentriersystem

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Erfahrungen sind durchweg positiv. Auf der Softwareseite waren einige Optimierungen im Praxisbetrieb notwendig, die auch laufend weiter betrieben wurden und noch immer werden, wobei die sich ändernden Qualitäten, Dimensionen, Längen und Mengen berücksichtigt werden müssen. Der Aufwand ist aber durch die Softwareunterstützung für die Fachkräfte von Ahmerkamp mit vertretbarem Aufwand beherrschbar.

4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Die Technologie kann auf 3 weitere Standorte der Ahmerkamp-Gruppe übertragen werden. Es gibt ca. 400 Holzhändler in Deutschland. Davon ca. 40 – 50 in der Größenordnung der Karl Ahmerkamp Vechta GmbH & Co. KG. Es wird erwartet, dass das

automatische KVH-Lager von Ahmerkamp zu einem „Wallfahrtsort“ für die Holzgroßhandelsbranche für den Bereich von KVH/BSH werden wird

5. Zusammenfassung/ Summary

Der Stammsitz des Holzhändlers Ahmerkamp in Vechta wurde um eine Halle mit 120 mal 24 Metern erweitert, um seine derzeit 351 verschiedenen Variationen von KVH (270) und BSH (81) so effizient und flexibel wie möglich lagern und liefern zu können.

Da bisher für die Kommissionierung von KVH und BSH ausschließlich Gabelstapler eingesetzt wurden, war der Energieverbrauch und der Personaleinsatz in der Logistik sehr hoch. Zudem lag bedingt durch die händische Verpackung der kommissionierten Waren ein erhöhter Verbrauch an Verpackungsmaterialien wie bspw. Folien und Umreifungsbänder vor. Aus diesem Grund wollte Ahmerkamp in seiner neuen Halle einen höchstmöglichen Automatisierungsgrad erzielen. In der Halle 9 befindet sich nun ein Rungenlager für BSH/KVH sowie für Massivholzplatten. Insgesamt stehen derzeit 504 Lagerplätze in der Halle 9 zur Verfügung. Im Lager befinden sich KVH- und BSH-Stangen mit einer Fixlänge zwischen 7 m bis 13 m, wobei viele Dimensionen in dieser Längenrange in einer Abstufung von 0,5 m vorgehalten werden.

Um die maximale Performance zu erreichen, ließ Fa. Ahmerkamp zwei Vakuumsortierroboter mit je zwei Vakuumtraversen installieren. Je Vakuumtraverse können bis zu 2 KVH- bzw. BSH-Stangen oder Massivholzplatten mit einer maximalen Last von 500 kg transportiert werden. Außerdem wurde eine vollautomatische Umwicklungsmaschine in den Warenauslagerungsprozess integriert. Darüber hinaus konnte die Umweltbelastung signifikant reduziert werden und dank des durchgängigen Leitsystems in Verbindung mit der Automatisierung sind Fehler in der Kommissionierung beinahe ausgeschlossen. Faktisch erzielt Fa. Ahmerkamp mit der Anlage von Balz eine Energieeinsparung von 90 % und eine CO₂-Einsparung von 87 % im Vergleich zur herkömmlichen Lagerhaltung von KVH- und BSH. Ein signifikanter Teil der Energieeinsparung lässt sich auf die Rückspeisung der Bremsenergie der Antriebsachsen zurückführen. Ferner konnte durch die Integration einer vollautomatischen Umwicklungsmaschine in den Prozess der Warenauslagerung signifikante Einsparungen im Bereich des Verpackungsmaterials realisiert werden.

Bei diesem Projekt handelt es sich in dieser Konstellation um das erste und größte KVH-Flächenlager in Deutschland, welches mit dieser Effizienz voll automatisiert ist. Damit ist es als Pionierprojekt anzusehen, welches in der Zukunft als Vorbild für die Modernisierung der Kommissionierung im Holzgroßhandel gilt.

The headquarters of the Ahmerkamp timber merchant in Vechta has been extended by a hall measuring 120 by 24 meters in order to be able to store and deliver its current

351 different variations of structural solid timber (270) and glued-laminated timber (81) as efficiently and flexibly as possible.

Since previously only forklifts were used for picking structural solid timber and glued-laminated timber, energy consumption and personnel deployment in logistics were very high. In addition, due to the manual packaging of the commissioned goods, there was an increased consumption of packaging materials such as foils and straps. For this reason, Ahmerkamp wanted to achieve the highest possible degree of automation in its new hall. Hall 9 now houses a stanchion warehouse for glued-laminated timber/ structural solid timber as well as for solid wood panels. A total of 504 storage locations are currently available in Hall 9. The warehouse holds structural solid timber and glued-laminated timber poles with a fixed length of between 7 m and 13 m, with many dimensions in this length range being stocked in 0.5 m increments.

To achieve maximum performance, Ahmerkamp had two vacuum sorting robots installed, each with two vacuum traverses. Each vacuum traverse can transport up to 2 structural solid timber or glued-laminated timber rods or solid wood boards with a maximum load of 500 kg. In addition, a fully automatic wrapping machine was integrated into the goods removal process. In addition, the environmental impact has been significantly reduced and, thanks to the integrated guidance system in conjunction with automation, errors in order picking are virtually eliminated. In fact, Ahmerkamp achieves an energy saving of 90% and a CO₂ saving of 87% with the Balz system compared to conventional storage of structural solid timber and glued-laminated timber. A significant part of the energy saving can be attributed to the regeneration of the braking energy of the drive axles. Furthermore, by integrating a fully automatic wrapping machine into the goods retrieval process, significant savings could be realized in the area of packaging material.

In this constellation, this project is the first and largest structural solid timber open-plan warehouse in Germany to be fully automated with this level of efficiency. It can therefore be regarded as a pioneering project that will serve as a model for the modernization of order picking in the timber wholesale trade in the future.

6. Literatur

1. Youtube Video ([Holz Ahmerkamp automatisierte Lagerhaltung - YouTube](#))
2. Artikel Holzbaukatalog S. 4-5 <https://www.holz-ahmerkamp.de/elkat/holzbau/#4>
3. Zeitungsartikel <http://balz-maschinen.ch/downloads/industrie-4.0-holzkurier.pdf>
4. <http://www.balz-maschinen.ch/downloads/ahmerkamp-holzzentralblatt-2020-nr.-20-002.pdf>