



LOGISTIKUM+

VNL Projekt «Intelligent Dark Warehouse»

Jahresbericht 2023

Zeitraum:

Januar 2023 bis Dezember 2023

Für:

- Mitglieder der Special Interest Group
- Verein Netzwerk Logistik Schweiz, GL

Autoren: Prof. Dr.-Ing. H. Ruile, Diego Bonetta, Michelle Wehrle

Datum: Dezember 2023



Inhaltsverzeichnis

1	Der VNL Schweiz, das Logistikum und der Innovation Space	4
2	Die Special Interest Group «Intelligent Dark Warehouse.....	5
2.1	<i>Ausgangslage, Vision und Zielesetzung.....</i>	<i>5</i>
2.2	<i>Die Partner</i>	<i>5</i>
2.3	<i>Die Vorgehensweise und die Arbeitspakete</i>	<i>6</i>
3	Das System Intelligent Dark Warehouse	7
4	Ergebnisse 2023.....	9
4.1	<i>Vernetzung und Austausch.....</i>	<i>9</i>
4.1.1	<i>Logistik Forum Schweiz Integrierte Produktion und Logistik (7. Juni 2023)</i>	<i>9</i>
4.1.2	<i>Swiss Logistik Innovation Day 15.11.2023</i>	<i>9</i>
4.1.3	<i>Go and See Veranstaltungen</i>	<i>9</i>
4.2	<i>Use Case Analyse.....</i>	<i>10</i>
4.2.1	<i>Umsetzungsbeispiele aus der Praxis der Wirtschaftspartner</i>	<i>10</i>
4.2.2	<i>Fallstudien aus der Wissenschaft</i>	<i>11</i>
4.2.3	<i>Intelligenz und Data Science im Lager</i>	<i>13</i>
4.3	<i>Minimum Viable Product/ Prototype</i>	<i>15</i>
4.4	<i>Be- und Entladen mit autonomen Staplern</i>	<i>19</i>
5	Literaturverzeichnis.....	21
5.1	<i>Fallstudien AP 1-3.....</i>	<i>21</i>
5.2	<i>Literatur AP 4.....</i>	<i>23</i>



Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1 Special Interest group Framework (c).....	6
Abbildung 2: Das Lager im System Engineering Ansatz	7
Abbildung 3: Umsetzungs- und Reifegradmodell des Intelligent Dark Warehouse (IDW)	8
Abbildung 4: digitales Umsystem zum WMS (Quelle Prologistik).....	9
Abbildung 5: Ansatz zur Lagereffizienz in Einzelprozessen (Quelle: Yury Deykun, Alloga, 2023). Die Grösse des Kreises im Diagramm spiegelt wider, wie körperlich anstrengend die Aufgabe ist	11
Abbildung 6: Vorgehensweise bei der Suche und Auswahl der Fallstudien	12
Abbildung 7: Reifegradmodell eines lernenden Lagersystems	15
Abbildung 8: Hypothetische Grenzproduktivität für IT-Architekturen	16
Abbildung 9: Transformation der IT Architektu für das IDW	18
Abbildung 10: Aufbau eines MVP für autonomes Lager	19
Tabelle 1: Projektphasen der SIG IDW	6
Tabelle 2: Auswertung und Klassifikation der Fallstudien	13
Tabelle 3: Ergebnis der Clusteranalyse für AP 4	14
Tabelle 4: Klassifizierung der Fallstudien in AP 4	14
Tabelle 5: Nutzenerwartung einer IoT Architektur	17



1 Der VNL Schweiz, das Logistikum und der Innovation Space

Der VNL-Schweiz setzt sich für eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Logistik ein. Er bringt Wirtschaft und Wissenschaft zusammen und fördert Innovationen, um neue Wege für mehr Produktivität, Effizienz und Nachhaltigkeit zu gehen. VNL Schweiz ist das einzige nationale Innovationsnetzwerk für Logistik & SCM mit über 200 Mitgliedern und 20 Forschungsinstitutionen.

Logistik und SCM werden verstärkt als strategische Erfolgsfaktoren der Wettbewerbsfähigkeit wahrgenommen. Die Weiterentwicklung von Logistik beruht sowohl auf kontinuierlicher Verbesserung als auch durch Innovation. Technologie und Technologieentwicklung sind wesentliche Treiber und Befähiger von Innovation. Im VNL treffen sich Fach- und Führungskräfte aus Einkauf, Logistik und SCM aus Industrie, Handel und Dienstleistung mit Logistikdienstleistern, Bildungsverbänden, Technologieanbietern, Forschungseinrichtungen, Start-ups und bilden so ein einzigartiges Innovationssystem für Logistik.

Der VNL Schweiz steht für eine offene Innovationskultur als strategischer Imperativ. Open Innovation wurde definiert als «the use of purposive inflows and outflows of knowledge to accelerate internal innovation, and expand the market for external use of innovation, respectively» (Chesbrough H. W., 2003). Unternehmen und Organisationen brauchen Unterstützung, um mit den vielfältigen, sich schnell verändernden Bedingungen und dem technologischen Fortschritt fertig zu werden. Mit Open Innovation ist ein kreativer und ganzheitlicher Ansatz verfügbar, um die heutigen Herausforderungen zu meistern, das Wachstum zu fördern und neue Lösungen in unserem dynamischen und komplexen Umfeld zu entwickeln. Lösungen können kreativer, schneller, günstiger und mit weniger Risiken entwickelt werden.

Der VNL Schweiz ist die einzige offene Innovationsplattform für Logistik in der Schweiz und wurde in seinem Aufbau als nationales thematisches Netzwerk von der Innosuisse, der Schweizer Agentur für Innovationsförderung, unterstützt. Das Innovationssystem des VNL Schweiz besteht aus der Mitgliederstruktur (Wirtschaft und Wissenschaft), dem Logistikum Schweiz als Forschungs- und Innovationszentrum sowie seinem Netzwerk- und Partnermanagement, mit dem es Mitglieder in den öffentlichen Veranstaltungen vernetzt und in Arbeitskreise oder Projekte integriert. Die Projekte und Arbeitskreise des VNL Schweiz helfen der Wirtschaft und Gesellschaft ihre Logistik- und Wertschöpfungssysteme besser zu verstehen und sie effizienter und nachhaltiger zu gestalten.

Das Logistikum Schweiz betreibt eine offene Bildungs- und Innovationsplattform, die durch kollaborative Forschung, Entwicklung und Implementierung von wegweisenden Technologien die Zukunft von Einkauf, Logistik und SCM gestaltet. Das Logistikum hilft den Unternehmen ihre strategischen Ziele in Einkauf, Logistik und SCM zu entwickeln und zu formulieren. Es stellt ihre Expertise bei der Einführung neuer Technologien, bei der Entwicklung von Lösungen zur Verfügung und unterstützt und begleitet bei der Implementierung und Umsetzung. Als offene Innovationsplattform unterstützen wir die Vernetzung von Partnern, Investoren und Verbänden, um das Innovationspotential zu vergrössern und seine Reichweite zu erweitern. Das Labor des Logistikum Schweiz ist die erste und einzige physische offene Innovationsplattform auf der Wirtschaft und Wissenschaft gemeinsam Lösungen konzipieren, entwickeln und prototypisch umsetzen können. Der Innovation Space finanziert sich aus Beiträgen der Wirtschaft, des Kantons Uri sowie der Dätwylerstiftung. Technologiepartner können ihre Technologien einbringen und gemeinsam mit dem Kunden und dem Logistikum entwickeln.



2 Die Special Interest Group «Intelligent Dark Warehouse»

2.1 Ausgangslage, Vision und Zielesetzung

Lagersysteme sind zentrale und unverzichtbare Bestandteile von Produktions- und Lieferketten. Ihre effiziente und flexible Gestaltung und Betrieb bestimmen eine hohe Verfügbarkeit bei geringen Kosten und geringen Umweltbelastungen. Lagersysteme sind daher eine wesentliche und zwingende Voraussetzung für eine hohe Kundenzufriedenheit. Wir sehen folgende Herausforderungen für ein effizientes Logistiksystem:

- (1) Wir sind angewiesen auf zuverlässige, stabile und effiziente globale Lieferketten, die die Versorgung von Wirtschaft und Gesellschaft sicherstellen. Mit Krisen, Naturkatastrophen und technischen Störungen in den Verkehrsinfrastrukturen werden mehr Lagersysteme benötigt
- (2) Wir sehen eine hohe und weiter zunehmende Be- und Überlastung der Verkehrsinfrastrukturen mit langen Staus, hohen Lärm- und Umweltbelastungen. Die Verfügbarkeit von Waren in engen Zeitfenstern erfordert hohe Betriebsflexibilität
- (3) Wir stehen vor einer ökologischen Transformation, mit der wir die nationalen und internationalen Nachhaltigkeitsziele erreichen wollen. Insbesondere der steigende Energiebedarf durch die Automatisierung.
- (4) Wir respektieren die Knappheit der Ressourcen: Energie, Land und Fachkräfte, mit denen wir haushälterisch umgehen müssen.
- (5) Wir sehen aber auch die schnelle Technologieentwicklung, die einen wichtigen Beitrag zur Lösung der Herausforderungen leisten kann. Es gilt diese Technologien rasch und nachhaltig in Anwendung zu bringen.

Mit dem Einsatz neuer Technologien sollte es möglich sein, Lagersysteme auch ohne Personal über einen längeren Zeitraum zu betreiben. Es stellt sich die Fragen: Wie muss ein Lagersystem gestaltet sein, das 48 h autonom betrieben werden kann? Mit welchen Technologien unter welchen Rahmenbedingungen ist das möglich? Und sind die dafür benötigten und verfügbaren Technologien reif genug. Durch den stärkeren Einsatz von Robotik, Automation und digitale Vernetzung sollen die Betriebszeiten verlängert und die Anlagennutzung erhöht werden, die Zusammenarbeit in der Lieferkette intensiviert und die Flexibilität in den Prozessen, der Aufgabenverteilung und in der Infrastrukturnutzung gesteigert werden.

Die Special Interest Group des VNL Schweiz beschäftigt sich seit 2019 mit der Umsetzbarkeit und den Entwicklungspfaden dieser Vision. Die Teilnehmenden Firmen erwarten aus der Special Interest Group eine stärkere Vernetzung untereinander, einen intensiven Wissens- und Erfahrungsaustausch, innovative Ansätze und konkrete fassbare Ergebnisse (Prototyp und MVP, Leitfaden und Roadmaps, Business Cases).

2.2 Die Partner

Die Partnergruppe repräsentieren zum einen die Betreiber von Lagersystemen, zum anderen die Technologieanbieter, Planungs- und Umsetzungspartner und zum dritten sind es Forschungspartner. Die Anwendungspartner, die selbst Lagersysteme betreiben sind Alloga AG (Pharmalogistik), Belimo AG (Produktion), Emmi AG (Nahrungsmittel), Dreier AG (Logistikdienstleister) und ABB (Produktion). Technologiepartner sind ABB (Robotics), Balance drive (Robotic Getriebe), CIM (WMS Software), Gilgen Logistics AG (Logistik Planer) und Westernacher (SAP). Als Forschungspartner steht primär das Logistikum Schweiz unterstützt von der TU München und FHOÖ.



2.3 Die Vorgehensweise und die Arbeitspakete

Für die Vorgehensweise wurde vom VNL eine Rahmenprogramm mit vier Bereichen entworfen, der sich jährlich wiederholen soll und weitgehend die Bedürfnisse der Partner abdecken soll: Networking durch die Veranstaltungen des VNL zur Thematik Lagersysteme. Zusätzlich kommen sogenannte Go and See Events, die vertiefte Einsichten in die Aufgabenstellungen der besichtigten Firma gibt. Begleitet werden diese Besuche mit Open Innovation Workshops, zu dem auch spezifische Experten eingeladen werden. Es folgt eine vertiefte Ausarbeitung mit umfangreichen State of the Art Analysen, die den aktuellen technologischen Stand aufzeigen. Letztlich sollen aus dem erworbenen Wissen und verfügbaren Kompetenzen Umsetzungsprojekte angestoßen werden, um das Proof of Concept zu erzielen.

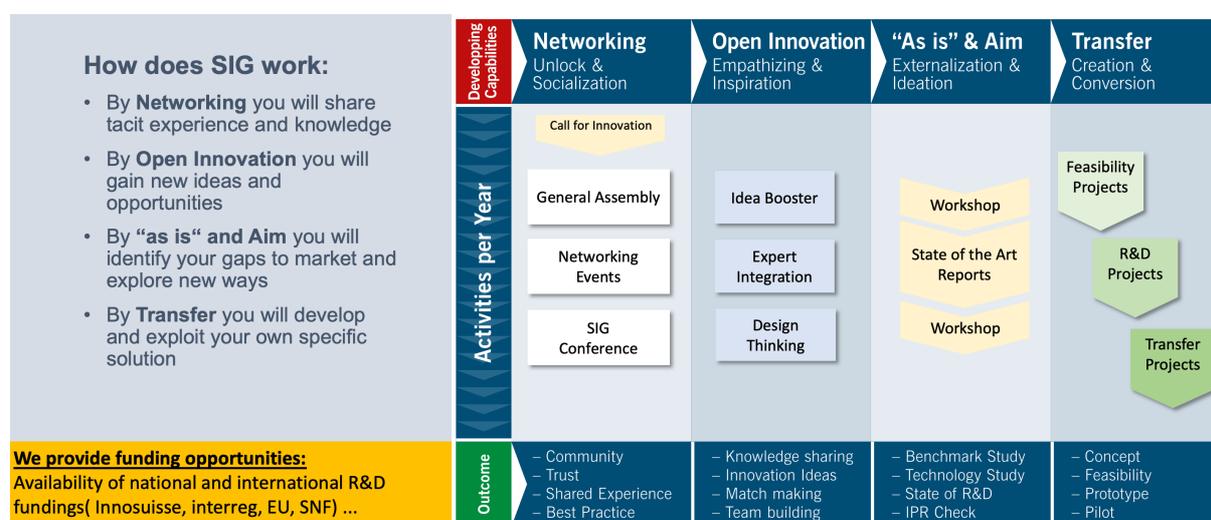


Abbildung 1 Special Interest group Framework (c)

Der übergeordnete Vorgehensplan umfasst sechs Schritte. In der letzten Phase in den Jahren 2023 und 2024 sollten die Machbarkeitsstudien durchgeführt werden und ein Minimum viable Product entstehen. In dieser Zeit haben die teilnehmenden Firmen die Gelegenheit ihre individuellen Herausforderungen zu sichten und in die Gruppe einzubringen.

Tabelle 1: Projektphasen der SIG IDW

Phase	Description	Results	Time
1	System Framing and description	Descriptive Framework Maturity level model Approach	2021
2	State of the technology, State of science	Technology overviews literature review	2021/2022
3	Problem statement, Identification of focus	Heat Map, potentials R&D development areas	2022
4	State of testing, prototype and implementation projects	20 Use cases	2022/2023
5	Check (individual, generic) challenges	Feasible solutions & R&D Project proposals	2023-2024
6	Implementation, Testing	Prototyping , MVP	2022-2024

3 Das System Intelligent Dark Warehouse

Das Intelligent Dark Warehouse (IDW) wird definiert als Lagersysteme, die vollständig autonom (ohne Personaleinsatz über eine definierte Zeit (> 6 h) betrieben werden können. Als intelligente Systeme sind sie in der Lage Situationen zu erfassen, zu beurteilen und selbstständig Entscheidungen zu treffen. Durch ihre Fähigkeit Situationen zu speichern und zu vergleichen sind sie auch in der Lage wiederkehrende Muster zu erkennen und selbstständig Optimierungen durchzuführen. Das Lagersystem wird unter Industrie 4.0 Gesichtspunkten entwickelt. D.h. die Lagersysteme 4.0 sind digital vernetzt, können sich selbst steuern (Autonomie), besitzen eine dezentrale Steuerung und nutzen das Internet der Dinge als Kommunikationsplattform

Das IDW wird mit dem Ansatz eines Model Based System Engineering entwickelt. Der System Engineering Ansatz erlaubt das System Lager ganzheitlich zu betrachten und bringt durch die Aufteilung in Teilsysteme mehr Klarheit und Transparenz über systemische Zusammenhänge, ihren Anforderungen und funktionale Ziele. Es führt zu einer besseren, effizienteren und ganzheitlichen Planung und Umsetzung. Mit der methodischen und strukturierten Herangehensweise an komplexe Lagersysteme soll eine höhere Flexibilität und Skalierbarkeit des Systems erreicht werden.

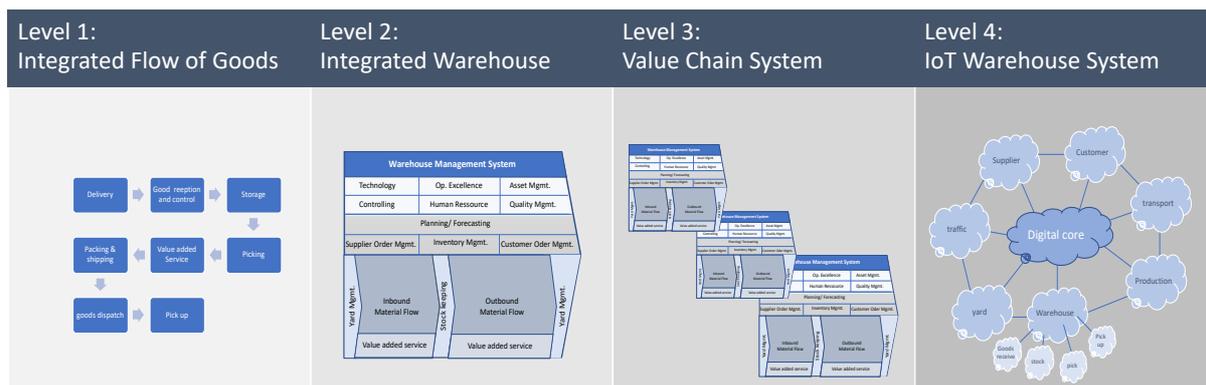


Abbildung 2: Das Lager im System Engineering Ansatz

Stufe 1 beschreibt das Lager als integrierten Prozess- und Materialflusssystem vom Wareneingang bis zum Warenausgang. Die Auslegung und das Design der Kernprozesse orientiert sich an den Produkten, Mengen, Raumabmessungen, Kundenaufträgen und den zusätzlichen Dienstleistungen.

Stufe 2 beschreibt das Lager als Produktionsstandort und Gesamtorganisation mit ihren Kern- und Unterstützungsprozessen.

Stufe 3 beschreibt das Lager als Teil der Wertschöpfungskette, das mit weiteren Akteuren der Lieferkette wie Lieferant, Transporteur, Kunde in einer Kette verbunden ist.

In Stufe 4 wird die lineare Struktur der Wertschöpfungskette aufgebrochen und in ein integriertes System überführt, das den Informationsaustausch zur Planung und Steuerung des Gesamtsystems synchronisiert.

Das IDW beschreibt eine sozio-technischen Vision. Um den Aufwand für die Umsetzung dieser Vision abzuschätzen, wurden verschiedenen Zwischenstufen und sozio-technische Reifegrade formuliert. Mit dieser groben Einteilung lassen sich zum einen die individuelle Ausgangslage, zum anderen die verfügbaren Lösungen und zum dritten die noch notwendige Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten einordnen. In der Expertendiskussion wurde dieses Modell verifiziert. Es gelang Verständnis über die betrieblichen und technologischen



Ausgangslagen zu schaffen und die Unterscheidung von Automatisierung und Autonomie zu erklären.

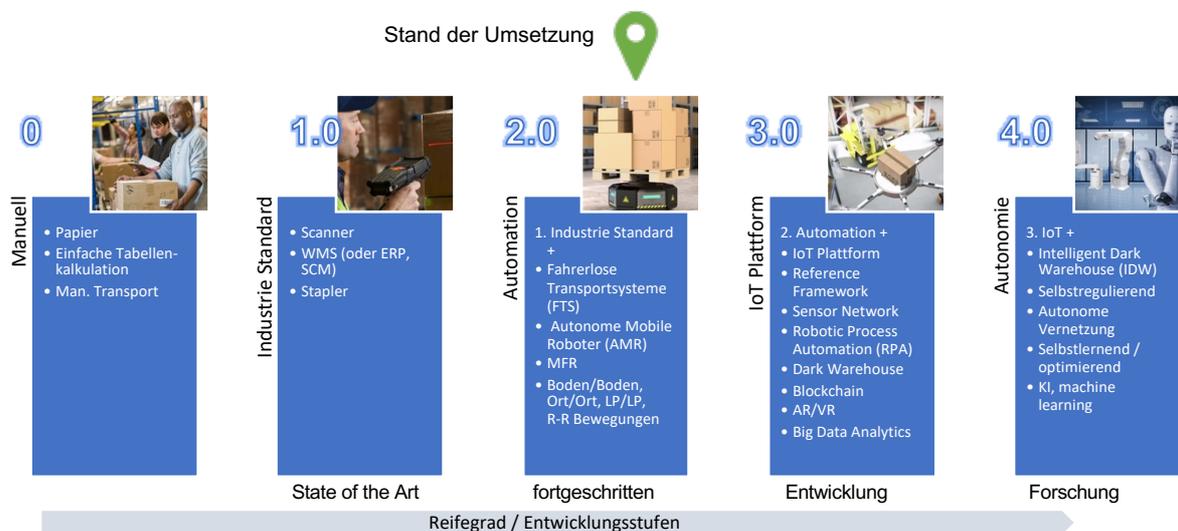


Abbildung 3: Umsetzungs- und Reifegradmodell des Intelligent Dark Warehouse (IDW)

In einer frühen Projektphase wurden die Problemfelder zur Umsetzung des IDW identifiziert und priorisiert. Daraus abgeleitet konnten die Partner ihre individuellen Projekte und übergeordnete Projekte ableiten. Es ergaben sich daraus folgende zentralen Herausforderungen, die mittel- und langfristig gelöst werden müssten:

- Die systemtechnische Integration teil- oder vollautomatisierter Aktivitäten im Lager.
- Das Ent- und Beladen von LKW, durch autonome Stapler oder Spezialgeräte oder auch durch Warengruppen spezifische Transport-Tourenplanung
- Die Automatisierung des Picking Processes durch die eine harmonisierte Anforderungsanalyse und Roboterfähigkeitsanalyse, die eine schnellere Auswahl und von Robotern ermöglicht. Sowie die effiziente Lösungen zur Integration von Roboter in die Systemarchitektur des Materialflussrechners.

Daraus ergaben sich letztendlich vier Arbeitsbereiche und Arbeitsgruppen

- 1) Integrated Automation & Robotic Integration
- 2) Requirement Analysis
- 3) Imitation Forklift
- 4) Data Analysis