

1 Prozessoptimierung im Lager

Abb. 18: MUDA – Sieben Arten der Verschwendung.
Beispiele aus Lager, Büro und Alltag

Verschwendung	Lager	Büro	Alltag
Transport	Nicht notwendige Transporte insbesondere Leerfahrten	Gang zum Drucker und zurück	Transport einer zu schweren Tasche
Bestände	Mehr Bestände als notwendig z. B. Überproduktion	Überflüssige Kopien	Zu viele Stifte in der Schublade
Bewegung	Lange oder unnötige Greifwege	Suchen in Bildschirmmaske	Vergessene Schlüssel holen
Wartezeit	Anlage ist noch nicht bereit	Hochfahren des Computers	Warten, bis das Nudelwasser kocht
Überproduktion	Bereitstellung von Gütern vor einer Kundenbestellung	Zu viel Text geschrieben bei einer Zeichenbegrenzung	Zu viel Essen gekocht
Überbearbeitung	Unnötiges Mehrfachverpacken eines Produktes	Postweg anstatt schnellerem E-Mail-Verkehr	Öffnen einer Weinflasche ohne Korkenzieher
Fehler	Falsche Kalibrierung	Eingabefehler	Doppeltes Abspülen, um es besser zu machen

In der heutigen Betrachtung der Arten der Verschwendung gibt es eine achte Kategorie, die als **ungenutzte Potenziale der Mitarbeitenden** bezeichnet wird. Diese Verschwendungsart entsteht durch das Nichtausschöpfen von Ideen sowie ungenutzte Fähigkeiten, Erfahrungen und Kenntnisse der Mitarbeitenden (vgl. 1.7). [17]

Abb. 19: Acht Arten der Verschwendung



Identifikation von Verschwendungen und Schwachstellen

In dem vorherigen Kapitel wird klar, dass einige Verschwendungen direkt auf dem Shopfloor sichtbar werden, andere hingegen erst bei der Prozessvisualisierung und Prozessanalyse. Dies zeigt, dass es sinnvoll ist, beide Schritte durchzuführen. In Abb. 20 ist beispielhaft dargestellt, welche Verschwendungen auf dem Shopfloor und welche in der Prozessvisualisierung identifiziert werden können.

Abb. 20: Beispielhafte Darstellung der Identifizierung von Verschwendungen auf dem Shopfloor und während der Prozessvisualisierung

Identifizierung von Verschwendungen	
Auf dem Shopfloor	In der Prozessvisualisierung
Fehlende Bodenkennzeichnungen	Vier-Augen-Prinzip
Unvorteilhafte Arbeitsplatzgestaltung	Doppelhandling
Langzeitbestände (Staub auf den Paletten)	Wartezeiten
Hohe Bestände	Kommunikationsschnittstellen BPMN
Suchaufwände	Unkontrollierter Bestandsaufbau VSM
...	...

Verschwendungen auf dem Shopfloor erkennen

Bei der Prozessbegehung vor Ort (Muda-Walk) besteht, je nach Komplexität des Prozesses oder der Zielsetzung, die Möglichkeit, sich zunächst auf eine oder zwei der Verschwendungsarten zu konzentrieren.

Der Fokus auf gezielte Verschwendungsarten hilft, möglichst alle Verschwendungen zu erfassen.

Alternativ kann es auch hilfreich sein, die Aspekte unter den beteiligten Personen aufzuteilen und Fokusgruppen zu bilden, die sich separat auf die einzelnen Verschwendungsarten konzentrieren. Dadurch werden verschiedene Blickwinkel auf den Prozess erzeugt und die Wahrscheinlichkeit zur Erkennung von Verschwendungen erhöht. In Abb. 21 finden Sie hilfreiche Fragestellungen für die Durchführung eines Muda-Walks.

Nicht nur die Aspekte, die wir sehen, sind wichtig, sondern auch die Dinge, die wir hören.

Neben der visuellen Wahrnehmung spielt auch das auditive Element in der Lagerumgebung eine entscheidende Rolle. Lärm im Lager kann auf Probleme hinweisen oder darauf hindeuten, dass Mitarbeitende aufgrund von Wartezeiten nicht effizient

1 Prozessoptimierung im Lager

Measurement (MTM) und die Zeit-Prozess-Bewertung nach dem REFA-Bundesverband. [30, 31] Durch den Einsatz dieser Methoden und Instrumente können Unternehmen ihre Logistikkosten besser steuern, ihre Gesamtleistung optimieren und ihre Effizienz erhöhen.

Abb. 41: Kommissionierung im Logistiklager (Quelle: MotionMiners GmbH)

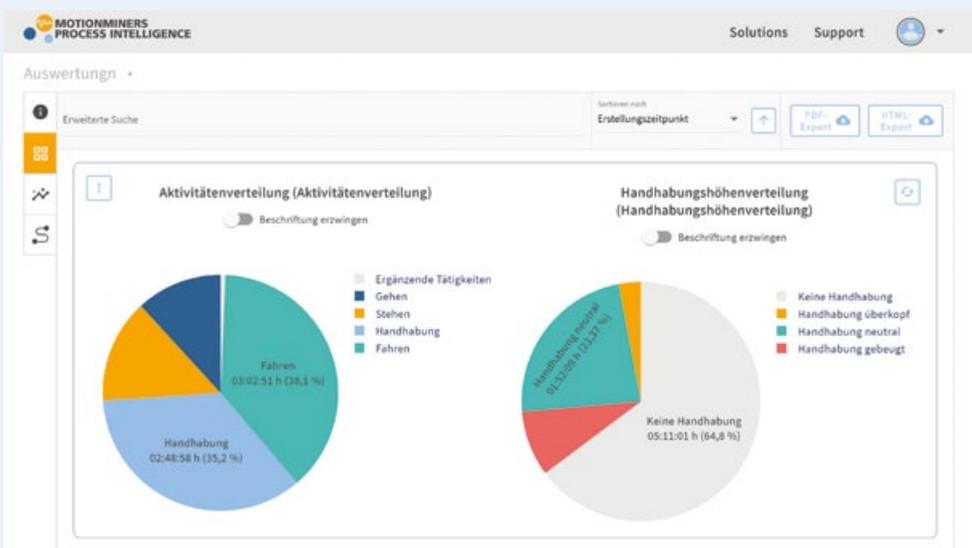


In Bezug auf Ergonomieverbesserungen innerhalb von Prozessen haben sich Methoden wie EAWS (Ergonomic Assessment Work Sheet) beispielsweise im Fertigungsbereich, aber auch die Leitmerkmalmethode zur ergonomischen Bewertung von Arbeitsplätzen und Tätigkeiten bewährt. Sie dient dazu, potenzielle Belastungen und Risiken für die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmenden zu identifizieren und zu minimieren. Bei dieser Methode werden bestimmte »Leitmerkmale« betrachtet, die charakteristisch für eine ergonomische Gestaltung eines Arbeitsplatzes sind. Diese Merkmale umfassen Aspekte wie Körperhaltung, Bewegungsausführung, Kraftaufwand, Sichtverhältnisse und psychische Anforderungen. Durch die Analyse dieser Leitmerkmale können ergonomische Schwachstellen erkannt werden, die zu Überlastung, Muskel-Skelett-Erkrankungen oder anderen Gesundheitsproblemen führen können. Die Leitmerkmalmethode bietet Unternehmen eine strukturierte Möglichkeit, Arbeitsplätze zu bewerten und gegebenenfalls anzupassen, um die Gesundheit, Sicherheit und Effizienz der Arbeitnehmenden zu fördern. [32]

Die Zukunft der Prozessanalyse: Ganzheitlich, digital und unter Anwendung innovativer Technologien

Moderne Logistiksysteme sind immer mehr darauf ausgelegt, den Output des Gesamtsystems zu optimieren und gleichzeitig möglichst wenig Ressourcen zu verwenden. Zeitgleich werden die Systeme durch die Kombination verschiedenster Techniken und IT-Systeme immer komplexer. [33] In solchen Systemen ist die Kenntnis über die Dauer der manuellen Tätigkeiten entscheidend für die Optimierung und Planung. [34] Genaue Zeitwerte vereinfachen die Modellierung und helfen bei der Bestimmung des Personalbedarfs und der Puffergrößen. Die Durchführung detaillierter Analysen kann jedoch zeitintensiv und anspruchsvoll sein, vor allem, wenn es sich um komplexe oder azyklische Prozesse handelt. Trotz dieser Herausforderungen ist der Bedarf an genauen Zeitwerten hoch, da sie die Grundlage für ein effektives Logistikmanagement bilden. Die oben genannten Methoden wie MTM, REFA und die Leitmerkmalmethode haben sich in der Industrie im Zeitverlauf etabliert, bringen aber hohe technische und zeitliche Anforderungen an die Prozessverantwortlichen mit sich. Dank neuer, immer kleiner werdender Sensoren und verbesserter Mustererkennungstechniken können diese Methoden jetzt durch neue und innovative Ansätze unterstützt oder ergänzt werden. So ist Motion-Mining® ein gutes Beispiel für ein sensor- und beaconbasiertes System, das die Bewegungen von Arbeitnehmenden anonymisiert aufzeichnen und analysieren kann. Zusätzlich ermittelt Motion-Mining® auch ergonomische Kennzahlen wie Beugehäufigkeit, Überkopftätigkeiten, Handhabungszeit und sich wiederholende Bewegungsmuster, wodurch wertvolle Erkenntnisse über die tatsächliche Arbeitsbelastung der Arbeitnehmenden geliefert werden.

Abb. 42: Auswertung der Aktivitätenverteilung im Analysedashboard
(Quelle: MotionMiners GmbH)



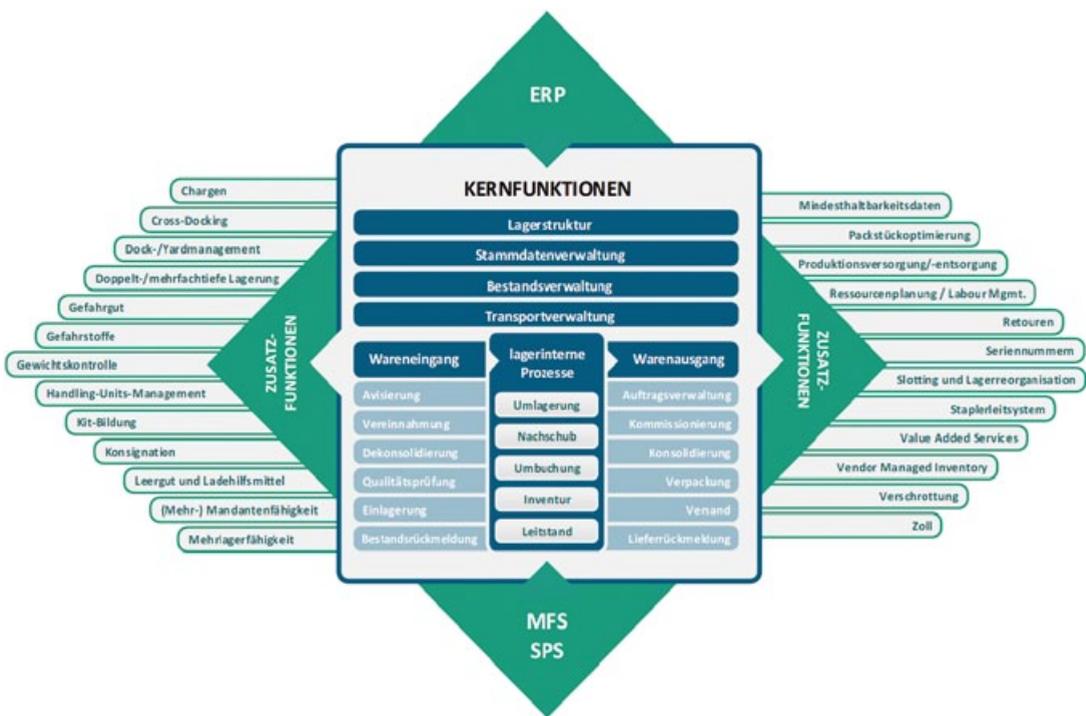
2 Prozessoptimierung durch Softwareeinsatz

Funktionsumfang der jeweiligen Systeme. [44] Daher ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Logistik IT zu den Bedürfnissen des Unternehmens passt und dahingehend anforderungsgerecht ausgewählt wird.

Warehouse-Management-System (WMS)

Ein WMS ist eine spezialisierte Softwarelösung, die gezielt für die effiziente Verwaltung und Optimierung von Lagerprozessen entwickelt wurde. In der Welt der Intra-logistik spielt es eine zentrale Rolle, indem es Unternehmen ermöglicht, ihre Lagerbestände effektiv zu kontrollieren und den gesamten Lagerbetrieb zu optimieren. Oftmals wird das WMS mit dem Begriff Lagerverwaltungssystem (LVS) gleichgesetzt. Ein LVS konzentriert sich primär auf die Verwaltung von Lagerbeständen, Lagerorten und deren Beziehungen zueinander. Im Gegensatz dazu übernimmt ein WMS in der Regel die umfassende Steuerung, Überwachung und Optimierung komplexer Lager- und Distributionsnetzwerke.

Abb. 43: Überblick WMS-Funktionalitäten (Quelle: [45])



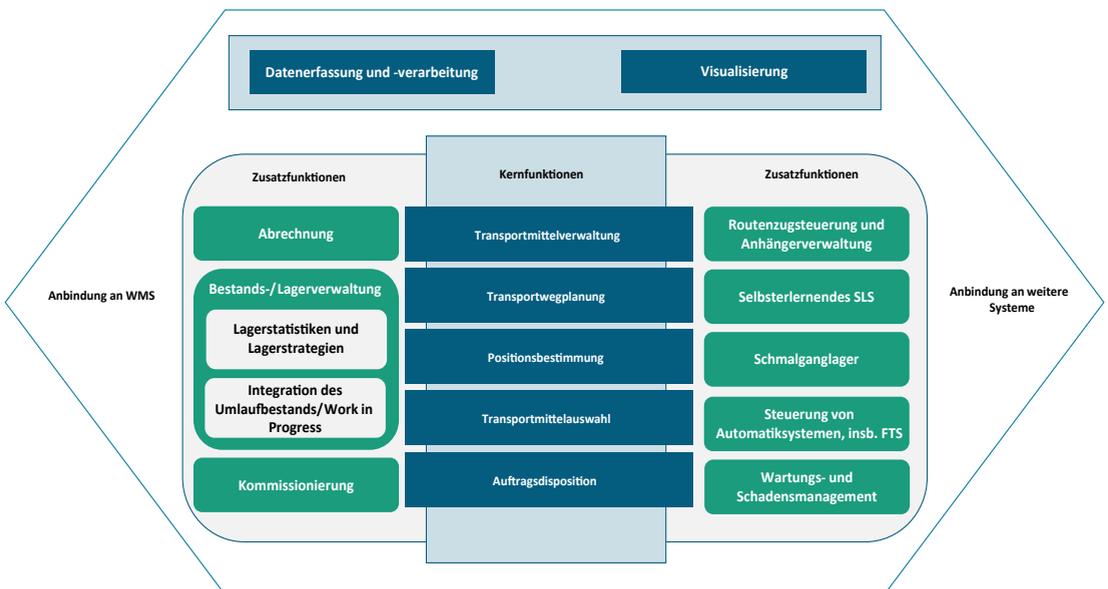
Ein modernes WMS zeichnet sich durch seine modulare Struktur aus, die die verschiedenen Funktionen in Kernelemente, Zusatzfunktionen und Erweiterungsmodule unterteilt. Dies ermöglicht es, dass Kunden nur die spezifischen Module nutzen, die für ihre individuellen Anforderungen relevant sind. Falls zukünftig eine Erweiterung der

Funktionalitäten erforderlich ist, können entsprechende Module hinzugefügt werden, ohne das gesamte System neu implementieren zu müssen. Durch die Modularisierung können die Systeme an die Bedürfnisse der Kunden angepasst werden und ermöglichen die Integration individuell entwickelter Funktionen in das Gesamtsystem. Zu den Kernfunktionen eines WMS gehört neben der Bestandsverwaltung, der Transportverwaltung, der Stammdatenverwaltung und dem Lagerplatzmanagement auch die Steuerung der Materialflüsse im Lager. Diese Kernfunktionen sind von entscheidender Bedeutung für einen reibungslosen Ablauf der Lagerprozesse, die sich vom Wareneingang bis zum Versand erstrecken. Die Zusatzfunktionen sind ebenfalls Teil des üblichen Funktionsumfangs eines WMS, stellen jedoch in ihrer Ausprägung Differenzierungsmerkmale der am Markt verfügbaren Warehouse-Management-Systeme dar. [44, 45]

Staplerleitsystem (SLS)

Ein SLS ist eine Softwarelösung, die speziell darauf ausgerichtet ist, die Steuerung und Optimierung von Bewegungen von Staplern und anderen Fahrzeugen innerhalb eines Lagerumfelds zu ermöglichen. [42, 46] Staplerleitsysteme ermöglichen es Unternehmen, ihre Lagerprozesse effizienter und sicherer zu gestalten. Ein SLS fungiert als eine Art Dirigent, der die Bewegungen von Flurförderzeugen und anderen Lagerfahrzeugen überwacht und koordiniert. Dabei wird eine höchstmögliche Effizienz in Bezug sowohl auf die Auslastung als auch auf die Wahl der optimalen Fahrwege sichergestellt. Darüber hinaus wird die Routenplanung optimiert und die Auftragsvergabe an die Fahrzeuge gesteuert, um die Ressourcen so effizient wie möglich zu nutzen. [47]

Abb. 44: Überblick SLS-Funktionalitäten (Quelle: [46])



Exkurs Picking Lab: Logistik IT-Matchmaking – WMS-Auswahl zur Unterstützung manueller Kommissionierprozesse am Beispiel des Picking Labs

M.Sc. Linda Maria Wings, wissenschaftliche Mitarbeiterin,
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Dr. Dipl.-Psych. Veronika Kretschmer, Senior Scientist,
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML

Das am Fraunhofer IML errichtete Picking Lab bietet ein industrienahes Testumfeld für die Logistikforschung und untersucht den Einsatz von unterschiedlichen Pick-by-Systemen und Logistik IT. Wie jedes Lager zeichnet es sich durch individuelle Anforderungen an ein Logistik IT-System aus. Das umfangreiche Angebot auf dem Logistik IT-Markt stellt Lagerstandorte vor die Qual der Wahl. Am Beispiel des Picking Labs wird das Vorgehen zur Auswahl eines passenden Warehouse-Management-Systems (WMS) erklärt (vgl. 2.5). Die »Logistik IT Online Auswahl« unterstützt Unternehmen bei der Entscheidungsfindung für ein Logistik IT-System, indem Auswahlkriterien bezüglich der Logistik IT-Anbietenden und deren Systeme definiert wie auch gebenchmarkt werden.

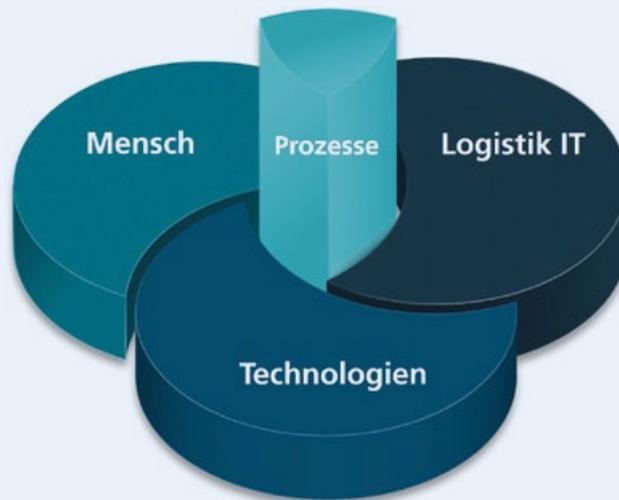
Die Frage nach dem Optimum der Logistkarbeit

Angesichts der aktuellen Trends und Krisen in der Arbeitswelt streben Unternehmen nach einer verstärkten Digitalisierung und Flexibilisierung, um ihre Wertschöpfungs- und Lieferketten effizienter, transparenter, schneller und besser planbar zu machen. Die Digitalisierung einfacher Arbeitsaufgaben bietet die Möglichkeit, die Liefergeschwindigkeit, -flexibilität und Kontrolle über Arbeitsprozesse langfristig zu erhöhen, Kosten zu senken und die Prozesssteuerung zu verbessern. Dennoch haben sich bestimmte einfache und repetitive Tätigkeiten im industriellen Sektor etabliert, die weiterhin von Menschen ausgeführt werden, wie zum Beispiel Kommissionier- oder Verpackungstätigkeiten. In einer modernen und digitalisierten Arbeitswelt bleibt der Mensch aufgrund seiner Flexibilität, Geschwindigkeit, Dynamik und vor allem seiner Erfahrung den vollautomatisierten Arbeitssystemen überlegen. Es gilt, den Menschen bei seiner Tätigkeit bestmöglich zu unterstützen, indem Prozesse, Technologien und IT in Einklang gebracht werden.

Die Optimierung von Prozessen in Logistiklagern kann nicht nur durch den gezielten Einsatz von Technologien erreicht werden, sondern auch durch die Auswahl passen-

der Logistik IT und die Gewährleistung einer ergonomischen Arbeitsgestaltung (siehe Abb. 64). Je nach unternehmensspezifischen Anforderungen werden unterschiedliche Funktionalitäten von Software benötigt, die die Effizienz der Verwaltung von logistischen Prozessen, bspw. die Auftragsabwicklung, begünstigen können. Effizienz bedeutet, schneller zu arbeiten, mit weniger Ressourcen auszukommen oder »mehr« mit »weniger« zu schaffen.

Abb. 64: Prozesse als Ausgangspunkt von Entwicklungen und Optimierungen im Lager (Quelle: Fraunhofer IML)



Strategien zur Lagerplatzvergabe für eine effiziente Ein- und Auslagerung, Planung von Kommissionerrouten oder eine Bündelung von Kommissionieraufträgen zur Einhaltung von Cut-off Zeiten sind nur einige Beispiele für Optimierungen von Prozessen, die mit Logistik IT unterstützt werden können. Das Ziel dieser Funktionalitäten und Strategien ist es unter anderem, die Kommissionierung effizienter zu gestalten, indem die durch den Mitarbeitenden durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke sowie Zähl-, Such- und Greifzeitzeiten minimiert werden. Die Wirtschaftlichkeit beim Kommissionieren kann außerdem durch die Reduktion bzw. Vorbeugung von Fehlern begünstigt werden. Typische Fehler, die auftreten können, sind zum Beispiel einen falschen Artikel zusätzlich oder anstatt des richtigen Artikels zu picken (sogenannte Typfehler), zu hohe oder zu geringe Stückzahl des kommissionierten Artikels (sogenannte Mengenfehler) oder das Überspringen von Positionen (sogenannte Auslassungsfehler). Der Einsatz von Software wie eines WMS und eines Pick-by-Systems (zum Beispiel Pick-by-Mobile) erhöht die Kontrolle beim Arbeiten im Gegenzug zu bspw. einer papiergebundenen Pickliste. Eine systemseitige Dokumentation und Steuerung des Kommissionierprozesses beugt Fehlern vor und beschleunigt zugleich die Prozessgeschwindigkeit. Das Picking Lab

2 Prozessoptimierung durch Softwareeinsatz

Wussten Sie, dass bei der manuellen Erfassung von Artikelstammdaten oft die Qualität leidet?

Die Kosten wie auch der Aufwand einer manuellen Erfassung sind hoch. Zusätzlich kommt es aufgrund von subjektiven Einschätzungen häufig zu Fehlern.

Technologiezusammenspiel für optimale Datenqualität

Mithilfe von KiSoft Genomix startet SPAR mit der Erfassung der Artikelstammdaten bereits unmittelbar nach der Anlieferung. Der MultiScan, ein System zur automatischen Dimensions- und Gewichtserkennung, liefert in wenigen Sekunden und per Knopfdruck vollständig automatisiert Abmessungen, Gewicht und Volumen der Artikel.

Abb. 71: Der MultiScan ist ein System zur automatischen Dimensions- und Gewichtserkennung und schließt die Subjektivität aus
(Quelle: KNAPP/Niederwieser)



Anschließend integriert er sie in das System. Unterstützt wird dieser Prozess durch die KiSoft Genomix App. Sie leitet die SPAR-Mitarbeitenden einfach und intuitiv durch einen Fragebogen. Wie sieht der Artikel aus? Was ist der Inhalt? Handelt es sich beispielsweise um Dosen oder Flaschen? »Wir waren von Anfang an sehr begeistert. Die App ist sehr intuitiv und die Einschulung dauert nicht länger als ein paar Minuten«,

so Hörmann. Die Software berücksichtigt alle Artikelhierarchien: vom Einzelstück über die Verpackungseinheit bis hin zur logistischen Einheit. Die App reichert die Informationen mit weiteren Attributen an. Der Algorithmus im Hintergrund bewertet dann all diese Parameter, formt dadurch die Stammdaten und verbessert so laufend die Qualität der Daten. »Wenn wir uns als SPAR für unser Logistikzentrum in Ebergassing auf eine Zahl fixieren möchten, dann sind rund 20 Parameter pro Artikel ausreichend«, definiert Hörmann.

Abb. 72: Die KiSoft Genomix App führt die Mitarbeiter von SPAR einfach und intuitiv durch einen Fragebogen zur Erhebung wichtiger Artikelstammdaten
(Quelle: KNAPP/Niederwieser)



Wussten Sie, dass Automatisierungsdaten unter anderem das Verhalten von Robotern steuern?

Wenn die Roboter alle Artikelattribute über sämtliche Hierarchien kennen, dann haben sie ein vollständiges Verständnis für das Artikelhandling. So kommt es zu weniger Beschädigungen beim Handling, die Fehlerquote wird minimiert und auch die Ausfallszeiten der Roboter.

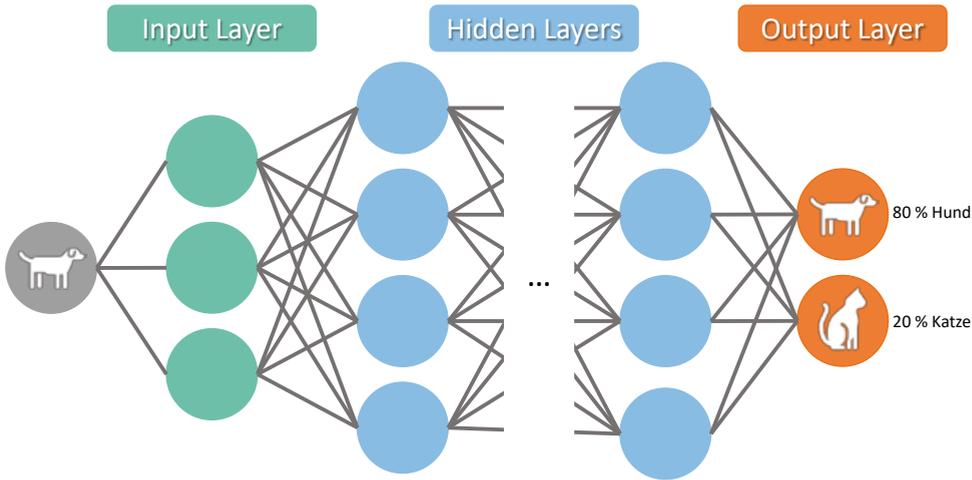
Maximale Qualität dank Vision-Technologie

Mithilfe einer modernen Vision-Technologie, der ivii.iris, prüft die Komplettlösung, ob die im System von SPAR erfassten Attribute tatsächlich mit dem Artikel übereinstimmen. All diese Daten stehen digitalisiert und zentral für alle nachgelagerten Prozesse

3 Prozessoptimierung durch Künstliche Intelligenz

Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen beiden Tieren zu erkennen, indem er Muster in den Bildern findet. [78] Aufgrund der Komplexität der Modelle erfordern Deep-Learning-Modelle in der Regel große, teilweise gelabelte Datenmengen für das Training. [77]

Abb. 78: Modellhaftes neuronales Netz im Deep Learning (in Anlehnung an [78])



Maschinelles Lernen umfasst verschiedene Ansätze: überwachtes, unüberwachtes und bestärkendes Lernen.

Maschinelles Lernen ermöglicht Computern das Lernen aus Erfahrung, ohne dass sie explizit programmiert werden müssen. Es beruht auf der Idee, dass Computer Algorithmen entwickeln können, um aus Daten zu lernen, Muster zu identifizieren und Vorhersagen sowie Entscheidungen zu treffen. [71, 73] Algorithmen sind Rechenvorgänge nach einem bestimmten sich wiederholenden Schema. [79]

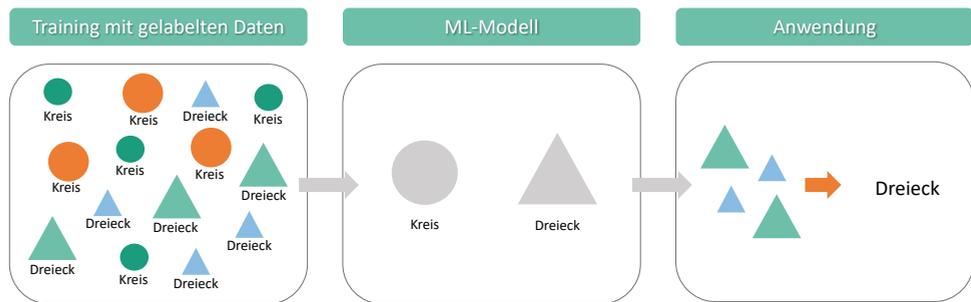
Die Anwendungsbereiche von Maschinellem Lernen sind vielfältig und umfassen Datenanalysen, Bild- und Spracherkennung, automatisierte Entscheidungsfindung und die Vorhersage zukünftiger Ereignisse. Maschinelles Lernen umfasst verschiedene Ansätze, darunter überwachtes Lernen (Supervised Learning), unüberwachtes Lernen (Unsupervised Learning) und bestärkendes Lernen (Reinforcement Learning). [71, 73]

Klassifikations- und Regressionsaufgaben sind typische Aufgaben im überwachtem Lernen.

Im **überwachten Lernen** dienen die korrekten Lösungen als »Labels«, die verwendet werden, um Klassifikations- und Regressionsaufgaben zu bewältigen. Dabei werden Beispiele ihren entsprechenden Labels zugeordnet. Das bedeutet, dass von Anfang

an die richtigen Ergebnisse für die gegebenen Eingaben bekannt sind. Das Modell optimiert seine Parameter so, dass die Unterschiede zwischen den erzielten und den erwarteten Ergebnissen minimiert werden. Mit zunehmendem Training des Modells nimmt die Fehlerquote ab, was es in die Lage versetzt, auf neue, bisher nicht gesehene Fälle anwendbar zu sein. [80]

Abb. 79: Überwachtes Lernen (Klassifikation) (in Anlehnung an [81])



Klassifikationsaufgaben haben zum Ziel, Daten in vordefinierte Kategorien oder Klassen einzuteilen. Ein Klassifikationsproblem kann als ein Multiple-Choice-Test für den Computer betrachtet werden. Dabei bleiben die Antwortmöglichkeiten immer gleich, und die Fragen variieren nur in Bezug auf das zu klassifizierende Objekt. [82] Ein einfaches Beispiel ist die Erkennung von Spam-E-Mails, dabei werden die Mails entweder als Spam oder als Nicht-Spam klassifiziert. Hierbei analysiert das Modell den Inhalt und die Merkmale (»Features«) der E-Mail, um festzustellen, ob es sich um unerwünschte Werbung handelt oder nicht. [83, 84] Um das Modell zu trainieren, werden Datensätze benötigt, die als Beispiel dienen. Neben dem im Vorfeld genannten binären Klassifikationsproblem, bei dem es nur zwei mögliche Antworten gibt, gibt es weiterhin noch das Multi-Klassen-Klassifikationsproblem und das Multi-Label-Klassifikationsproblem. Bei dem Multi-Klassen-Klassifikationsproblem gibt es mehr als zwei Antwortmöglichkeiten, es wird allerdings nur nach einer Antwort verlangt. Im Gegensatz dazu gibt es bei dem Multi-Label-Klassifikationsproblem auch mehr als zwei Antwortmöglichkeiten, diese schließen sich aber nicht gegenseitig aus. [82, 83]

Regressionsaufgaben haben das Ziel, eine kontinuierliche numerische Ausgabe oder Vorhersage für eine gegebene Eingabe zu erstellen. Ein Beispiel hierfür ist die Vorhersage des Speiseeisverkaufs, die auf verschiedenen Faktoren wie zum Beispiel Temperatur, Wetterbedingungen, Wochentag oder Feiertag basiert. Das Regressionsmodell bemüht sich darum, auf Basis historischer Daten den voraussichtlichen täglichen Eisverkauf vorherzusagen. Das Ergebnis dieses Modells stellt eine Schätzung dar, die dazu dient, die Nachfrage zu erfüllen. [85]