

Wertschöpfungsnetzwerke in Wald und Holz 4.0

Cluster Wald und Holz, Digitalisierung, Vernetzung

Ein KWH4.0-Standpunkt

18.10.2021

Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0
c/o RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Projektkoordination)
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 20
D-44227 Dortmund
www.kwh40.de

Kontakt

Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0

c/o RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Projektkoordination)

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 20

D-44227 Dortmund

www.kwh40.de

Ansprechpartner: Frank Heinze

Tel. +49 (0) 231 9700-781

frank.heinze@rt.rif-ev.de

Verantwortliche Autoren: Thomas Gerritzen, RIF e.V.; Jan Reitz, MMI; Frank Heinze, RIF e.V.; Martin Hoppen, MMI

Autoren



RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Koordinator)

Geschäftsführer: Dipl.-Inf. Michael Saal

Joseph-von-Fraunhofer Str. 20, 44227 Dortmund



Werkzeugmaschinenlabor (WZL), RWTH Aachen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher

Steinbachstraße 19, 52074 Aachen



Institut für Mensch-Maschine-Interaktion (MMI), RWTH Aachen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann

Ahornstraße 55, 52074 Aachen



Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), RWTH Aachen

Institutsleiterin: Prof. Dr.-Ing. Verena Nitsch

Bergdriesch 27, 52062 Aachen

Landesbetrieb Wald und Holz
Nordrhein-Westfalen



Wald und Holz NRW, Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald

Forstliches Bildungszentrum für Waldarbeit und Forsttechnik

Leitung: FD Thilo Wagner

Alter Holzweg 93, 59755 Arnsberg

Förderhinweis

Dieses Vorhaben wird gefördert durch das Land Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).



EFRE.NRW

Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Version	Datum	Seiten	Änderungen
1.0	18.10.2021	Alle	Erste offizielle Version

Wertschöpfungsnetzwerke in Wald und Holz 4.0

Dieser KWH4.0-Standpunkt befasst sich mit bestehenden Wertschöpfungsprozessen und der Frage, wie Digitalisierung und Vernetzung neue Chancen für den Cluster Wald und Holz eröffnen.

1 Wertschöpfung und Vernetzung

Um einen einheitlichen Gebrauch der wichtigsten Begriffe in diesen Zusammenhang zu gewährleisten, sollen diese zunächst definiert werden.

1.1 Wertschöpfung

Wertschöpfung ist die Wertgröße, um die der Output den Input übersteigt. Ziel des ökonomischen Handelns sollte eine höchstmögliche Wertschöpfung sein.¹

$$\text{Wertschöpfung} = \text{Gesamtleistung} - \text{Vorleistungen}$$

Die Bruttowertschöpfung dient dabei als Messgröße für die wirtschaftliche Leistung eines Betriebes im Unternehmen und wird wie folgt berechnet:

$$\text{Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen} = \text{Produktionswert} - \text{Vorleistungen}$$

Am Beispiel eines Sägewerkes soll dies veranschaulicht werden: Ein Sägewerk verkauft 1 m³ Schnittholz für 250 Euro. Dafür wurden ca. 2 fm Rundholz im Wert von 160 Euro eingesetzt. Hinzu kommen Kosten für Energie mit 5 Euro und Verpackungsmaterial für 5 Euro. Das Sägewerk hat mit 1 m³ Schnittholz eine Bruttowertschöpfung von 80 Euro geschaffen (250 € - 160 € - 5 € - 5 €). Der Mehrwert verteilt sich wiederum auf Löhne, Produktionskosten, Steuern und Gewinn.

1.2 Wertschöpfungsprozess

Der Wertschöpfungsprozess ist der Prozess, aus dem ein für Abnehmer wertvolles Gut entsteht, in dem also Wertschöpfung betrieben wird. Die eingesetzten und entstanden Güter können dabei nicht nur materiell (z.B. Rohstoffe, Produkte) sondern auch immateriell sein (z.B. Wissen, Daten, Dienstleistung) sein².

Die oben genannte Herstellung von 1 m³ Schnittholz ist dabei der Wertschöpfungsprozess. Er wandelt den Rohstoff Rundholz in das für den Kunden (z.B. Möbelindustrie) wertvolle Gut Schnittholz. Aber auch die Erstellung einer Forsteinrichtung ist ein Wertschöpfungsprozess, indem dem Waldbesitzer Wissen und Daten über seinen Wald zur Verfügung gestellt werden, die er nutzen kann, um seinen Wald gezielter zu bewirtschaften.

¹ Betriebswirtschaftslehre, Georg Erdmann, Michael Krupp, München, 2018, S. 43f.

² VDI Statusreport 2017: Industrie 4.0 Begriffe: (https://m.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/7153_PUB_GMA_-_Industrie_4.0_Begriffe-Terms_-_VDI-Statusreport_Internet.pdf)

1.3 Wertschöpfungskette

Als Wertschöpfungskette wird die lineare oder hierarchische Aneinanderreihung von Wertschöpfungsprozessen bezeichnet, wobei diese über Unternehmensgrenzen hinweg stattfinden können³. Abbildung 1-1 veranschaulicht dies abstrakt. In diesem Beispiel gibt es Zulieferer verschiedener Produktionsstufen, einen Hersteller eines Endproduktes, den Großhandel, den Einzelhandel und den Endkunden am Ende der Kette. Jedes Glied der Kette führt einen (oder mehrere) Wertschöpfungsprozesse durch, bis das Produkt beim Endkunden angekommen ist. Der Materialfluss geht immer von der vorherigen Produktionsstufe zur nächsten, der Finanzfluss die umgekehrte Richtung. Einzig der Informationsfluss ist bidirektional gerichtet.

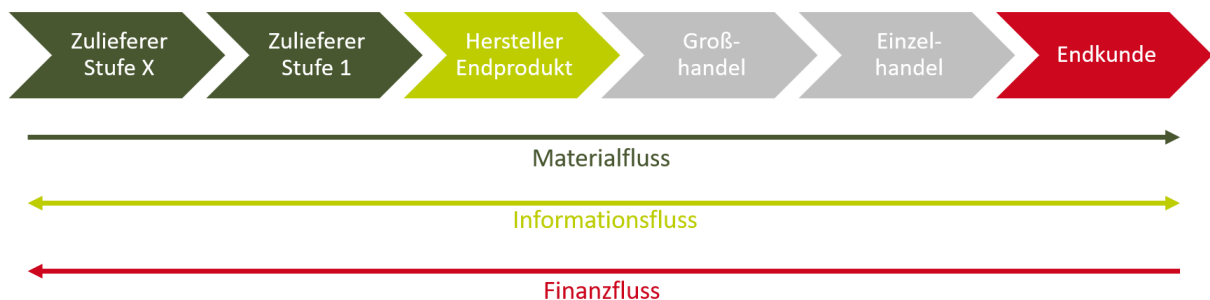


Abbildung 1-1: Struktur einer Wertschöpfungskette ⁴

Am Beispiel des Clusters Wald und Holz könnte das so aussehen: Der Waldbesitzer bezahlt für Dienstleistungen in seinem Wald, z.B. Forsteinrichtung, Jungbestandspflege, Holzernte etc. Jeder dieser Prozesse erhöht den Marktwert, für den der Waldbesitzer sein Rundholz verkaufen kann. Das Sägewerk kauft das Rundholz und verarbeitet es zu Schnittholz und trägt zur Wertschöpfung bei. Der Möbelhersteller kauft Schnittholz und verarbeitet es zu Möbeln. Der Großhandel verkauft es an den Einzelhandel und der Einzelhandel an den Endkunden.

1.4 Wertschöpfungsnetzwerk

Die Wertschöpfungsprozesse stehen innerhalb einer Wertschöpfungskette jedoch nicht allein, sondern haben Auswirkungen auf und Verbindungen zu anderen Prozessen, die wiederum Teil anderer Wertschöpfungsketten sein können, sodass letztlich eine Vernetzung der Wertschöpfungsketten zu Wertschöpfungsnetzwerken entsteht. In Abbildung 1-2 ist die Vernetzung am Beispiel eines Sägewerkes dargestellt.

³ Siehe Definition in VDI Statusreport 2017: Industrie 4.0 Begriffe

⁴ Kersten W., von See B., Indorf M. (2018) Digitalisierung als Wegbereiter für effizientere Wertschöpfungsnetzwerke. In: Khare A., Kessler D., Wirsam J. (eds) Marktorientiertes Produkt- und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten. Springer Gabler, Wiesbaden

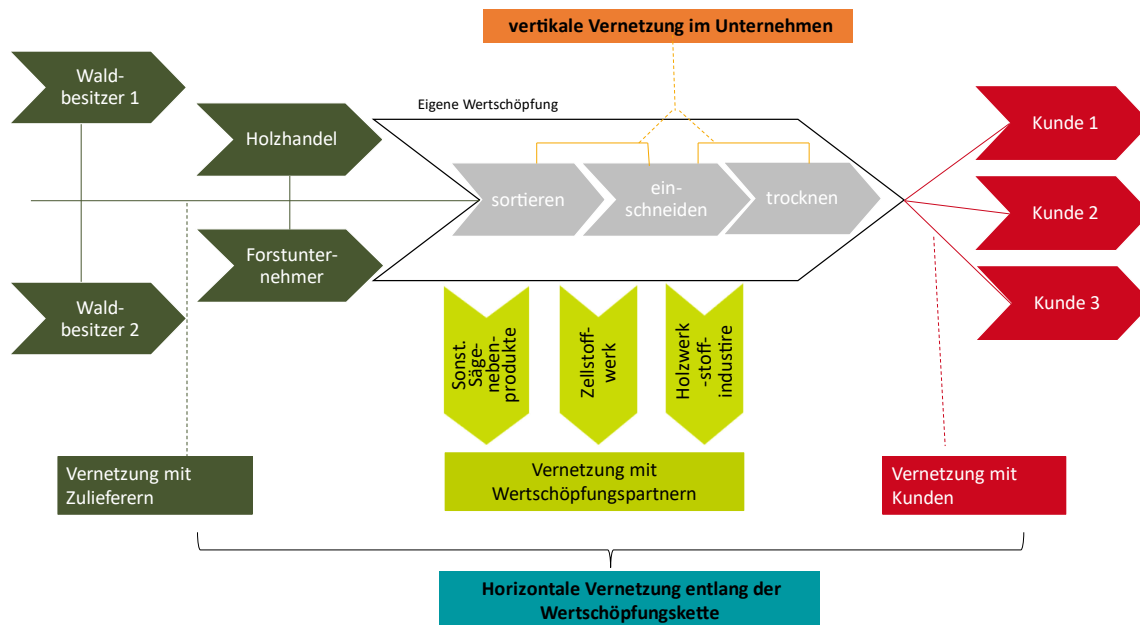


Abbildung 1-2: Vernetzung am Beispiel eines Sägewerks⁵

Die Vernetzung bezieht sich dabei zum einen auf die innerbetriebliche Vernetzung der einzelnen Unternehmensbereiche. Die einzelnen Bereiche tauschen Informationen miteinander aus, um die eigene Wertschöpfung zu optimieren. Dann die außerbetriebliche Vernetzung, die das Unternehmen mit Zulieferern vernetzt, die in der Wertschöpfung vorgelagert sind und mit Kunden, die in der Wertschöpfung nachgelagert sind. Das Sägewerk produziert jedoch auch Sägenebenprodukte. Durch die Vernetzung mit anderen Industriebereichen wie der Holzwerkstoffindustrie oder der Energieholzindustrie entsteht ein Netzwerk, in dem das Sägewerk nicht nur ein Rohstoffabnehmer, sondern auch ein -lieferant ist.

Auf Ebene des Gesamtclusters betrachtet ist ein Wertschöpfungsnetzwerk definiert als ein „Netzwerk/System aus Wertschöpfungsketten/Wertketten, das sowohl Querverbindungen als auch Abhängigkeiten zwischen diesen beinhalten kann“⁶.

Für den Cluster Wald und Holz zeigt Abbildung 1-3 eine stark vereinfachte Darstellung des Wertschöpfungsnetzwerks Wald und Holz mit einigen der beteiligten Akteure sowie dem zwischen den Akteuren stattfindenden Austausch an Material, Information und Geld. Die Darstellung ist stark vereinfacht. Weitere Verbindungen zwischen den Akteuren können ebenso betrachtet werden wie weitere Akteure. Zu erkennen ist deutlich, dass sich zwischen den Akteuren vielfältige Abhängigkeiten ergeben. Dadurch sind keine eindeutigen linearen Wertschöpfungsketten mehr erkennbar, stattdessen sind diese miteinander zu einem Netz verwoben.

⁵ In Anlehnung an: Schuh, G.; u.a.: Geschäftsmodell-Innovationen. In: Reinhart, G.: Handbuch Industrie 4.0. Carl Hanser Verlag, München 2017.

⁶ Siehe Definition in VDI Statusreport 2017: Industrie 4.0 Begriffe



Abbildung 1-3: Vereinfachte Darstellung des Wertschöpfungsnetzwerk Wald und Holz

2 Der Cluster Wald und Holz

Der Cluster Wald und Holz umfasst eine Vielzahl von Branchen, aufgegliedert in folgende Gruppen⁷:

- Forstwirtschaft (Waldgesamtrechnung, Forstwirtschaftliche Dienstleistungen)
- Holzbearbeitendes Gewerbe (Säge- und Holzwerkstoffindustrie)
- Holzverarbeitendes Gewerbe (Möbelindustrie, Holzpackmittelindustrie, industrielles Holzbaugesamt)
- Holz im Baugewerbe (Zimmereien, Bautischlereien und -schlossereien, Parkettlegereien, Holzfertigbau)
- Papiergewerbe (Holz- und Zellstoffherzeugung, Papierproduktion und -verarbeitung)
- Verlags- und Druckereiwesen (Verlagsgewerbe, Druckgewerbe)
- Holzhandel (Handel mit Roh- und Schnittholz sowie sonstigen Holzhalbwaren, Transport und Logistik)

Tabelle 2-1 gibt eine Übersicht über die Struktur des Clusters Wald und Holz in Deutschland. Die Strukturen sind sehr komplex.

⁷ EUROSTAT, Nace (2008): Rev. 2 Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft. Structure an Explanatory Notes. In: Methodologies and Workingpapers. Katalognummer: KS-RA-07-015-DE-N, 2008, ISBN 978-92-79-04740-4, ISSN1977-0383

Tabelle 2-1: Cluster Wald und Holz: Unternehmenszahl, Umsatz, Bruttowertschöpfung, Beschäftigte für 2014 ⁸

Deutschland	Unternehmen	Umsatz (Mio. Euro)	Bruttowert- schöpfung (Mio. Euro)	Gesamt-be- schäftigte
Forstwirtschaft	33.906	5.784	3.130	64.414
Forstwirtschaft (WGR)	29.767	4.164	2.197	49.004
Forstwirtschaftl. Dienstleistungen	4.139	1.620	933	15.410
Holz bearbeitendes Gewerbe	3.352	12.316	1.839	44.898
Sägeindustrie	3.027	7.223	1.108	28.964
Holzwerkstoffindustrie	325	5.092	731	15.934
Papiergewerbe	2.222	41.442	10.408	131.348
Holz- und Zellstofferzeugung	69	1.219	334	3.640
Papierherstellung	455	17.133	3.606	42.578
Papierverarbeitung	1.698	23.089	6.468	85.130
Holz verarbeitendes Gewerbe	23.237	34.291	10.425	227.916
Möbelindustrie	11.723	20.391	6.466	132.108
Holzpackmittelindustrie	890	2.568	663	12.883
Industrielles Holzbauwesen	8.169	8.342	2.565	63.396
Sonstige Holzverarbeitung	2.455	2.991	731	19.529
Holz im Baugewerbe	40.561	19.803	7.292	229.957
Verlags- und Druckereigewerbe	19.609	54.867	20.770	370.475
Verlagsgewerbe	7.675	34.171	13.664	181.642
Druckgewerbe	11.934	20.697	7.106	188.833
Holzhandel	2.517	9.140	1.151	16.320
Holzhandel mit Roh- und Schnittholz	1.142	5.050	560	7.121
Großhandel mit sonstigen Holzhalbwa- ren sowie Bauelementen aus Holz	1.375	4.090	590	9.199
Cluster Wald und Holz gesamt	125.404	177.643	55.015	1.085.328
Anteil an Volkswirtschaft	3,4%	3,1%	2,1%	3,1%

Eine Vielzahl der Waldeigentümer, bestehend aus vielen Klein- und Kleinstprivatwaldbesitzern und forstwirtschaftlichen Dienstleistern (dunkelgrün), setzen ihr Holz an eine relativ geringe Anzahl Betriebe der ersten Absatzstufe (hellgrün) ab, welche wiederum ihre Produkte an eine Vielzahl Betriebe der nachgelagerten Absatzstufe (orange) liefern. Eine tief gestaffelte Wertschöpfungskette und eine mittelständische Struktur mit einem hohen Anteil von Klein- und Kleinstbetrieben kennzeichnen den Cluster Wald und Holz.

Auf dem Markt für Rohholz stehen ca. 2 Millionen Waldbesitzern⁹ als Anbieter vergleichsweise wenige Abnehmer, ca. 5.500 Unternehmen der ersten Absatzstufe, gegenüber. Die Anbieter unterscheiden sich dabei deutlich. Der durchschnittliche Kleinstprivatwaldbesitzer kann ebenso Holz vermarkten wie ein hochprofessionalisierter Landeswaldbetrieb. Dies führt zu einer großen Heterogenität der vermarkteten Massen, der zur Verfügung stehenden und genutzten Arbeitsmittel, der unternehmensspezifischen Prozessabläufe und der genutzten digitalen Infrastruktur. Eine solche Heterogenität auf dem Markt führt in der Regel zu einer Vielzahl von IT-Systemen, Oberflächen und Netzwerken¹⁰.

Es gibt verschiedene Zielsetzungen, unter denen die Wertschöpfungsprozesse und ihre Verbindung untereinander betrachtet werden können. Dabei betonen einige stärker den Aspekt einer linear ablaufenden Wertschöpfungskette, andere stärker die Verknüpfung zu Netzwerken. Zunächst wird mit

⁸ Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie: amtliche Statistik (<https://www.thuenen.de/de/wf/zahlen-fakten/produktion-und-verwendung/clusterstatistik-forst-holz/>)

⁹ BMEL 2017: Waldbericht der Bundesregierung 2017

¹⁰ Buxmann, Weitzel, Westarp, v.; König (1999): The Standardization Problem - An Economic Analysis of Standards in Information Systems

der Betrachtung des Lebenszyklus eines Baumes ein Beispiel für die Fokussierung auf die Wertschöpfungskette gegeben, anschließend mit der Betrachtung der Rohstoffströme stärker der Vernetzungsaspekt hervorgehoben.

Die Wertschöpfungsprozesse entlang des Lebenszyklus eines Baumes, der biologischen Produktion, setzen sich in der Regel wie folgt zusammen: Waldplanung, Bestandesbegründung, Bestandespflege. Während der technischen Produktion können folgende Prozesse identifiziert werden: Hiebsplanung, Holzernte, Holzverkauf, Holztransport. Dies sind die Prozesse, die entlang der Wertschöpfungskette ablaufen, um den Rohstoff vom Erzeuger zur ersten Absatzstufe zu bringen.

Durch die Vielzahl an Prozessschritten und die variable Anzahl an Akteuren und Kombinationen dieser in den Wertschöpfungsprozessen ergibt sich ein komplexes Bild (Abbildung 2-1). Im einfachsten Fall ist es nur der Waldbesitzer, der alle Arbeiten in Eigenleistung durchführt und dem Holzkäufer das Rundholz frei Werk liefert. Dies ist nur in seltenen Fällen und nur von großen Waldbesitzern realisierbar. Gleiches gilt für den umgekehrten Weg, der Holzkäufer pachtet ein Stück Wald und übernimmt die Bewirtschaftung in Eigenregie. Auch dies ist nur selten der Fall und nur von sehr großen Holzkäufern realisierbar.



Abbildung 2-1 Prozesse in der Waldbewirtschaftung

In der Regel werden für die Waldplanung, die Bestandesbegründung, die Bestandespflege, die Holzernte und die Logistik Dienstleister bzw. Unternehmer beauftragt. Dabei kann sowohl der Waldbesitzer als auch der Holzkäufer der Auftraggeber sein. Oft ist es so, dass der Waldbesitzer die Holzernte an Unternehmer vergibt und das Holz frei Waldstraße verkauft. Der Holzkäufer organisiert die Logistik durch Unternehmer. Es können Holzhändler beteiligt sein, wenn die Industrie nicht direkt beim Waldbesitzer kauft. Jeder Prozessschritt kann also auch von Dritten durchgeführt werden und erweitert die Komplexität der Wertschöpfungskette. Je mehr Akteure an der Wertschöpfung beteiligt werden, umso komplexer wird die Kommunikation und der Datenaustausch.

Eine Betrachtung der Rohstoffströme stellt den Vernetzungsaspekt in den Vordergrund und zeigt die Komplexität des Wertschöpfungsnetzwerks im Anschluss an die Holzbereitstellung. Abbildung 2-2 gibt einen Überblick über die wichtigsten Rohstoffströme. Das Rohholz kommt aus der Forstwirtschaft, welche die nachfolgenden Industrien mit unterschiedlichen Holzsortimenten beliefert. In der 1. Absatzstufe werden Produkte erzeugt, die wiederum an die nächste Absatzstufe verkauft werden. Die Holzwerkstoffindustrie bezieht sowohl frisches Industrieholz vom Waldbesitz als auch Sägeresthölzer aus der Sägeindustrie, die dadurch nicht nur zum Konsumenten, sondern auch zum Rohstofflieferanten für andere Industriezweige wird. Die zweite Absatzstufe bezieht ihre Ausgangsstoffe wiederum von verschiedenen Unternehmen der ersten Absatzstufe. Durch Kaskadennutzung und Recycling fließt ein Teil der Ressourcen nach der Verwendung wieder als Rohstoff in das System ein.

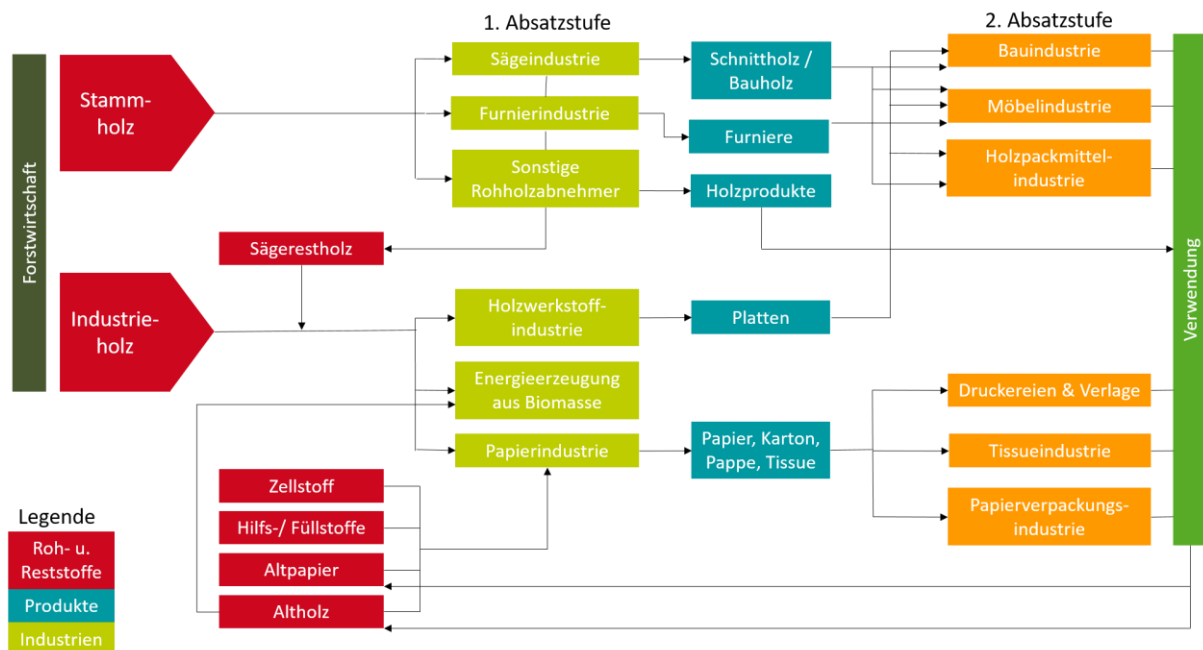


Abbildung 2-2: Rohstoffströme im Cluster Wald und Holz¹¹

Insgesamt zeigt sich, dass bestehende Wertschöpfungsketten bereits mit anderen Wertschöpfungsketten verbunden sind, sodass sich Wertschöpfungsnetzwerke ergeben. Je nach Bedarf macht es Sinn, dabei den linearen Aspekt der Wertschöpfungskette oder die komplexen Verbindungen zu Wertschöpfungsnetzwerken in den Vordergrund zu stellen. Was die Technologien von Wald und Holz 4.0 zur Optimierung sowohl der einzelnen Wertschöpfungsketten als auch der komplexen Wertschöpfungsnetzwerke beitragen können, wird im folgenden Kapitel herausgearbeitet.

3 Transformation der Wertschöpfungsnetzwerke

Die Plattform Industrie 4.0 definiert den Begriff „Industrie 4.0“ wie folgt: „Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen. Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten¹² und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.“¹³

Wald und Holz 4.0 greift die grundlegenden Konzepte und Methoden von Industrie 4.0 auf und überträgt diese auf den Cluster Wald und Holz. Von zentraler Bedeutung ist die Adaption der Industrie 4.0-

¹¹ Nach: Schulte, Andreas (2003): Clusterstudie Forst und Holz NRW, Gesamtbericht, S.128

¹² Plattform Industrie 4.0 unterscheidet die „beteiligten Objekte (beispielsweise Maschinen, Maschinenkomponenten, Produkte- und Produktbeschreibungen oder Ressourcen im Sinne der Digitalen Fabrik) von den handelnden Subjekten (z.B. Menschen, Software-Werkzeugen, Software-Agenten, Leitsystemen, Software-Diensten)“.

¹³ Plattform Industrie 4.0 (BITKOM, VDMA, ZVEI), „Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 - Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0,“ 04 2015. [Online]. Available: https://www.bitkom.org/Publikationen/2015/Leitfaden/Umsetzungsstrategie-Industrie-4.0/150410_Umsetzungsstrategie_0.pdf. [Zugriff am 29 04 2019]

Technologien auf die Holz- und Forstwirtschaft mit allen hiermit verbundenen Aspekten bis hin zu Datenformaten und Datensicherheit. Allgemein akzeptierte und entsprechend umgesetzte Standards sind die Grundlage der durchgängigen Vernetzung. Durch die Optimierung von Prozessen aber auch z.B. durch neuartige Assistenzsysteme für nahezu alle Akteure in der Holz- und Forstwirtschaft vom Waldbesitzer und seinen Dienstleistern über Waldarbeiter, Forstmaschinenführer bis zum LKW-Fahrer kann dann auf dieser Basis schnell konkreter Mehrwert generiert werden.

Die Vision von Wald und Holz 4.0 ist analog zu Industrie 4.0 die Schaffung eines „intelligenten Clusters Wald und Holz“, der in dynamischen, echtzeitoptimierten, anwendungs- und akteursübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken weitgehend selbstorganisierend arbeitet. Aber wie kann dies gelingen?

Die Automatisierung in der produzierenden Industrie hat enorme Produktivitätszuwächse gebracht. Auch im Cluster Wald und Holz ist eine hohe Automatisierung im Bereich der ersten und zweiten Absatzstufe zu erkennen. Moderne Sägewerke, Holzwerkstoffwerke oder Papierfabriken arbeiten auf einem hoch automatisierten Niveau. Bei der Holzernte spielt die Automatisierung jedoch noch keine große Rolle. Hier soll die Digitalisierung helfen. Sie soll zu schnelleren Prozessabläufen, mehr Effizienz und Flexibilität sowie höherer Qualität bei gleichzeitiger steigender Komplexität der Produkte führen.

3.1 Digitalisierung der Prozesse als Werkzeug

Der eigentliche Kern von Wald und Holz 4.0-Innovationen ist die Verknüpfung von bislang getrennten Informationen. Die Verfügbarkeit von konsistenten und durchgängigen Daten ist eine der wichtigsten Voraussetzungen, um z.B. Planungsprozesse und Optimierungs- und Simulationsmodelle erfolgreich zu gestalten. Informationen müssen in beide Richtungen entlang von Wertschöpfungsketten durchgängig zur Verfügung gestellt werden, um eine Interaktion über einzelne Akteure hinweg zu ermöglichen.

Bereits heute existieren in der Forstwirtschaft viele fortschrittliche IT-Systeme, die fortlaufend große Datenmengen erzeugen („Big Data“). Ein großes Hindernis war und ist die Verfügbarkeit von Umweltdaten. Diese müssen entweder individuell erhoben oder kostenintensiv von zentralen Stellen beschafft werden. Einige Bundesländer bieten aber bereits im Bereich Open Data Geobasisdaten kostenfrei an. Hierunter zählen Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Berlin, in reduzierter Form auch Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt. Besonders für die Forsteinrichtung ist dies ein wichtiger Schritt, da somit viele Geodaten mit Sachdaten verschnitten werden können, ohne diese kostenintensiv beschaffen zu müssen. Aber auch andere Prozesse profitieren von der freien Verfügbarkeit dieser Daten, z.B. Biotopinformationen im Kontext von Holzerntemaßnahmen.

Eine Marktanalyse im Projekt ClusterWIS¹⁴ hat deutschlandweit 84 Software-Lösungen für den Forstbereich gefunden¹⁵. Am häufigsten werden die Softwarelösungen für die Betriebsleitung, die Kartenerstellung, die Holzvermarktung, das Vermessen von Rundholz, die Logistik, für forstliche Gutachten, die Forsteinrichtung, die Waldwertermittlung und die Erstellung von Waldwachstumssimulationen genutzt. Moderne Forstmaschinen zeichnen Betriebsdaten auf und können diese anderen Anwendern zur Verfügung stellen. Weitere Anwendungsgebiete sind Apps zur Digitalisierung im Bereich Natur- und Umweltschutz wie z.B. geschützte Biotope oder Biotopbaumkartierung. Auch im Bereich der Arbeitssicherheit im Forst gibt es bereits Apps und digitale Karten, z.B. um die Rettungskette effizienter zu gestalten.

¹⁴ Roßmann, J., Schluse, M., Hoppen, M., Nägele, G., Marquardt, T., Averdung, C., Poschenrieder, W., Schwaiger, F. (2018): ClusterWIS Revisited - An Updated Look at the Decentralized Forest Information and Management System. International Journal on Advances in Networks and Sciences 11 (3,4): 81 - 91.

¹⁵ Cedura 2018: Marktanalyse Cluster Wald und Holz, Bochum; im Rahmen des Forschungsprojektes ClusterWIS

Im Wald werden bereits viele Daten digital erfasst und verarbeitet. Forsteinrichtungsdaten liegen digital vor, Polter werden bezüglich Volumen, Qualität und Standort erfasst. Für die Planung, das Controlling und die Optimierung innerbetrieblicher Prozesse werden diese Daten genutzt. Doch wenn es über die Betriebsgrenzen hinaus geht, werden die ursprünglich digitalisierten Daten teilweise durch Ausdrucken, den immer noch üblichen Faxversand und selbst durch den Versand als PDF-Datei wieder „analisiert“ und müssen auf Abnehmerseite wieder mit hohem Aufwand digitalisiert werden¹⁶. Der Medienbruch und die Nichtnutzung der digitalen Daten aus vor- bzw. nachgelagerten Stellen bedeutet einen hohen Aufwand im Bereich der Weiterverarbeitung für alle Beteiligten im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk.

Aufgrund der aufgeführten heterogenen Prozesse und Systeme in der Forstwirtschaft müssen Wege gefunden werden, welche die aufkommenden Daten in eine einheitliche Form bringen. Diese sollen von unterschiedlichen Systemen interpretiert werden können. Dafür werden Datenstandards genutzt. Einen Überblick über aktuelle Datenstandards im Bereich Wald und Holz gibt der KWH4.0-Standpunkt Datenstandards¹⁷.

3.2 Digitale Transformation des Clusters

Große Potentiale von Wald und Holz 4.0 liegen in der Effizienzsteigerung. Die intelligente Produktion führt zu schnelleren Durchlaufzeiten, gesteigerter Effizienz und Flexibilität sowie höherer Qualität bei gleichzeitig steigender Komplexität der Produkte¹⁸. Der Industrie 4.0-Gedanke geht über die Digitalisierung der Produktion hinaus und ist nicht nur ein Effizienzthema. Er bietet Raum für innovative Geschäftsmodelle, die bisher im Cluster Wald und Holz noch nicht existieren.

Dies führt zu deutlichen Veränderungen in der etablierten Forstwirtschaft, da bisher erfolgreiche Geschäftsmodelle aus der analogen Welt teilweise gegen neue digitale ersetzt werden können. Eine Innovation stellt der „As-a-Service“-Gedanke dar. Dabei werden Services angeboten, anstatt ein Produkt zu verkaufen. Bei Software kann man dieses Geschäftsmodell schon häufiger beobachten. Anstatt eine Software zu kaufen und sie auf dem eigenen Rechner zu installieren, wird die Software online zur Verfügung gestellt. Dadurch wird die Flexibilität erhöht und die Software kann immer zentral auf dem neuesten Stand gehalten werden. Speicherplatzkapazitäten werden nicht mehr lokal vorgehalten, sondern in einen Clouddienst ausgelagert. Im Forstbereich könnte es so aussehen, dass beispielsweise Forstmaschinenhersteller ihre Maschinen nicht mehr nur als Hardware verkaufen, sondern Maschinenzeiten als „Pay-per-Use“ anbieten. Der Forstunternehmer mietet die in der Umgebung befindliche Maschine, um einen Auftrag abzuarbeiten und bezahlt nur die tatsächlichen Maschinenarbeitsstunden. Die Kapitalbindung für Forstunternehmer wird dadurch deutlich gesenkt, die Kosten für das Umsetzen der Maschinen zum Großteil gespart und durch die Wartung durch den Hersteller eine reibungslose Funktion der Maschinen gewährleistet. Durch den besseren Zugriff der Maschinenhersteller auf ihre Maschinen kann mittels „Predictive Maintenance“ die Stillstandzeit jeder Maschine minimiert werden.

Smarte Sensoren im Wald ermöglichen es dem Waldbesitzer, optimierte Entscheidungen über die Bewirtschaftung zu treffen. Zugleich kann er Dienstleistern Daten für die Holzernte zur Verfügung stellen und der Öffentlichkeit die Nachhaltigkeit seiner Maßnahmen und Bewirtschaftung darlegen.

Eine neue, vergrößerte Datengrundlage bietet Möglichkeiten, bessere Vorhersagen mittels „Predictive Analytics“ zu erstellen. Dabei werden große Mengen an Daten analysiert, um Vorhersagen zu zukünftigen

¹⁶ Merforth 2016: Industrie 4.0 in der Sägeindustrie, in proWald 05/2016; S.4-7

¹⁷ KWH4.0-Standpunkt „Datenstandards in WH4.0“ unter <https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/>

¹⁸ Wegener 2018: VDI Wertschöpfung revolutioniert die Wertschöpfungskette (<https://www.vdi-z.de/2018/Ausgabe-04/Standpunkt/Digitalisierung-revolutioniert-die-Wertschoepfungskette>)

tigen Entwicklungen und Trends erkennen zu können. Dadurch können ggf. Extremereignisse vorhergesagt und so rechtzeitig Vorbereitungen für deren Abminderung und Bewältigung getroffen werden. Aufgrund dieser neuen, verbesserten Vorhersagen können neue Geschäftsmodelle geschaffen werden.

Auch der Arbeitsplatz der Zukunft wird völlig anders aussehen als der Arbeitsplatz, den wir heute haben. Smart Devices können den Arbeitsplatz Wald sicherer und zugleich attraktiver für Nachwuchskräfte machen. Auch die Ausbildung wird sich anders gestalten als heute.

Im Kern digitalisiert Wald und Holz 4.0 Wälder zu „Smart Factories“ – sowohl unter Aspekten der biologischen als auch der technischen Produktion sowie unter den Gesichtspunkten der Ökosystemdienstleistungen betrachtet. Durch eine neue, digitale Datengrundlage in diesen intelligenten Wäldern kann die Bewirtschaftung digital geplant werden. Durch Simulationen können verschiedene Szenarien durchgespielt, über einen langen Zeithorizont analysiert und Wechselwirkungen identifiziert werden. Auf zukünftige Trends kann schneller reagiert werden. Wertschöpfungsketten werden neu definiert und die Wertschöpfung wird in neuen Wertschöpfungsnetzwerken, die sich situativ selbst verknüpfen, organisiert. Informationen werden in Echtzeit jedem, am Prozess beteiligten Akteur zur Verfügung gestellt.

3.3 Technische Umsetzung

Dieser Abschnitt skizziert einen Lösungsansatz für die technische Umsetzung von Technologien aus Wald und Holz 4.0 zur Abbildung und anschließenden Optimierung bestehender Wertschöpfungsnetzwerke und zur Weiterentwicklung von Wertschöpfungsketten zu Wertschöpfungsnetzwerken, um die bestehenden Potenziale auszuschöpfen. Grundlage ist die Verschmelzung von physisch-realer und virtueller Welt über eine „Wald und Holz 4.0“-Komponente als „Cyber-Physisches System“ (CPS), die aus einem beliebigen Asset¹⁹ und seinem Digitalen Zwilling²⁰ besteht. Das Asset kann ein einfacher Sensor, ein elektrischer Motor, eine Steuerung, ein Baum, ein Polter oder eine ganze Forstmaschine sein. Der Digitale Zwilling standardisiert dabei die Vernetzung und Kommunikation Dritter mit seinem Asset.

Da gerade im Wald der Empfang und das Senden von Daten oft eingeschränkt ist, muss ein fehlerfreier Ablauf der Prozesse einer WH4.0-Komponente gewährleistet werden, auch wenn keine Internetverbindung vorhanden ist. Des Weiteren ist die Datensicherheit und der Schutz der Privatsphäre ein weiterer wichtiger Aspekt, den eine Kommunikationsinfrastruktur basierend auf Digitalen Zwillingen lösen kann.

Dieser objektzentrierte und dezentrale Ansatz erlaubt es, situativ Digitale Zwillinge zu vernetzen und so neue Wertschöpfungsnetzwerke zu konfigurieren. Abbildung 3-1 zeigt, wie ein Wertschöpfungsnetzwerk im Kontext der technischen Produktion mit WH4.0-Komponenten realisiert werden kann.

¹⁹ Zur Definition des Begriffs Asset siehe: KWH4.0-Standpunkt „Der Digitale Zwilling in WH4.0“ <https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/>

²⁰ Zur Definition des Begriffs Digitaler Zwilling siehe: KWH4.0-Standpunkt „Der Digitale Zwilling in WH4.0“ <https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/>

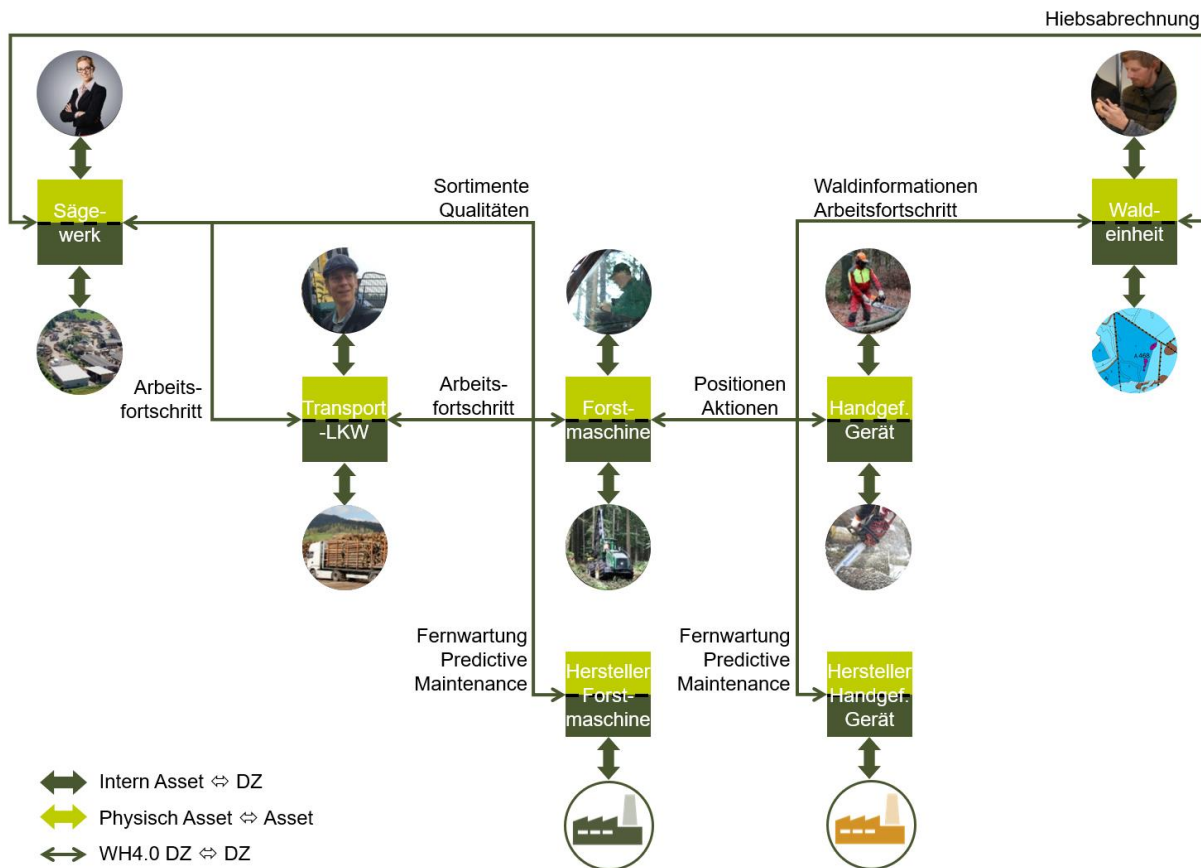


Abbildung 3-1: Wertschöpfungsnetzwerk in Wald und Holz 4.0²¹

Die physischen Assets sind dabei jeweils mit runden Symbolen und Bildern beschrieben, die zugehörigen Digitalen Zwillinge mit quadratischen Symbolen. Die enge Bindung zwischen beiden wird durch dicke, doppelseitige Pfeile symbolisiert. Zusammen ergeben sich die WH4.0-Komponenten. Die relevanten Daten sind für jeden autorisierten Nutzer jederzeit verfügbar. Die WH4.0-Komponenten kommunizieren über ihre Digitalen Zwillinge direkt miteinander. So kann z.B. der Harvester seinen Arbeitsfortschritt an Fuhrunternehmer (Transport-LKW) und an den zu beliefernden Kunden (Sägewerk) melden. Alle betroffenen Akteure haben einen Überblick über die Arbeit der vor- und nachgelagerten Stellen und können so flexibel reagieren. Durch die Verknüpfung von WH4.0-Komponenten können Routineprozesse, die heute aufgrund von Daten-/Medienbrüchen mehrere Wochen brauchen, automatisiert und die Effizienz gesteigert werden.

Wald und Holz 4.0 legt u.a. die Grundlage für die Identifikation und Festlegung von Kommunikationsstandards. Dazu zählen zum einen Aspekte der Semantik bzw. der Datenmodelle: Aufbauend auf den oben genannten Standards in der Forst- und Holzwirtschaft sowie der ForestML 4.0-Sprache²² werden weitere forstspezifische Standards benötigt, um die Vision eines vernetzten Clusters Wald und Holz über Besitz- und Unternehmensgrenzen hinweg zu realisieren. Darüber hinaus werden Kommunikationsprotokolle als technische Grundlage der Vernetzung benötigt. Neben klassischen Industrie 4.0- und IoT-Standards wie OPC UA, MQTT und REST²³ wurde für die speziellen Anforderungen in WH4.0 die Smart Systems Service Infrastructure (S³I)²⁴ mit dem S³I-Broker und dem zugehörigen S³I-B-Protokoll geschaffen.

²¹ Fotos: (1. Zeile, v. l.) Pixabay; A. Böhm, RIF; (2. Zeile) Michael Lorenzet / [PIXELIO](https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/); A. Böhm, RIF (3 x); Screenshot VEROSIM; (3. Zeile) Pixabay; F. Heinze, RIF; Pixabay

²² KWH4.0-Standpunkt „Forest Modeling Language 4.0“ <https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/>

²³ KWH4.0 „Umsetzungsstrategie Wald und Holz 4.0“ <https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/>

²⁴ KWH4.0-Standpunkt „Smart Systems Service Infrastructure (S³I)“ <https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/>

Diese Konzepte können dann sukzessive ausgebaut werden. Abbildung 3-2 zeigt eine weitere Ausbaustufe des „Wald und Holz 4.0“-Ansatzes zur Vernetzung im Cluster. Die WH4.0-Komponenten werden hier um eigenständige WH4.0-Softwaredienste (orange Fünfeck-Pfeile) sowie WH4.0-Mensch-Maschine-Schnittstellen (dunkelgrüne Vierecke) wie Apps und Desktopanwendungen ergänzt. Insgesamt spricht man dabei auch von den WH4.0-„Dingen“ – in Anlehnung an das Internet der Dinge²⁵. Es wird deutlich, dass mit Wald und Holz 4.0-Konzepten die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Digitalisierung des Clusters Wald und Holz geschaffen werden können.

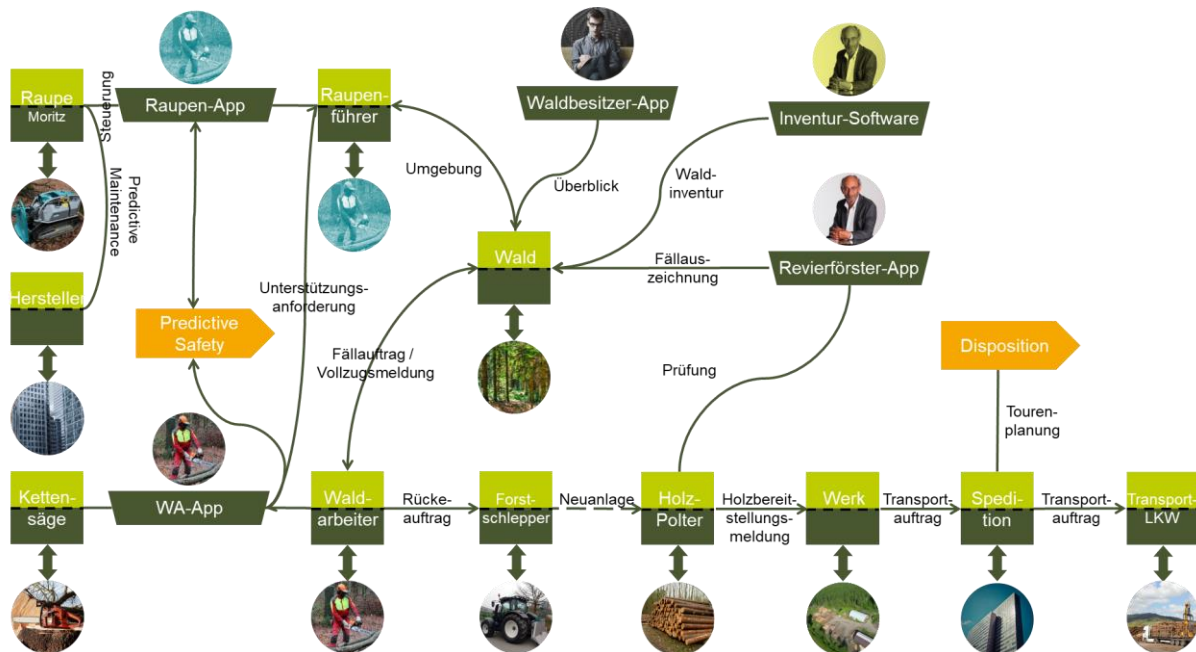


Abbildung 3-2: Komplexe Vernetzung im Cluster Wald und Holz am Beispiel eines Anwendungsszenarios zur motormanuellen Holzernte.²⁶

²⁵ KWH4.0-Standpunkt „Architektur zur technischen Umsetzung von Wald und Holz 4.0“ <https://www.kwh40.de/veroeffentlichungen/>

²⁶ Fotos: Raupen Moritz; Waldarbeiter: A. Böhm, RIF; Schlepper: RIF; alles andere: Pixabay