

Digitale Zwillinge und Datenräume zur Digitalisierung der Forstwirtschaft

Frank Heinze (Frank.Heinze@rt.rif-ev.de), Sebastian Blömeke, RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (RIF); Jake Turner, RIF & fold ecosystemics SAS; Jürgen Roßmann, Institut für Mensch-Maschine-Interaktion, RWTH Aachen University

Um Waldbestände zielgerichtet bewirtschaften zu können, werden Daten zum aktuellen Zustand benötigt. Daten werden an vielen Stellen erhoben, sind aber nicht immer in digitalen Formaten verfügbar. Dies macht es schwierig, alle relevanten Daten zu einem Bestand geeignet zusammenzuführen und miteinander zu verknüpfen. Digitale Zwillinge können dabei ein geeigneter Lösungsansatz sein. Digitale Zwillinge (DZ) sind die virtuelle Repräsentation einer realen Komponente, die meist kurz als „Asset“ bezeichnet wird. Beim Aufbau Digitaler Zwillinge sollen vorhandene Standards (StanForD2010, ELDATsmart etc.) genutzt werden. Die Digitalen Zwillinge sind so auszulegen, dass diese nicht selbst zu einem Datensilo werden, sondern zum Datenaustausch über Firmengrenzen hinweg genutzt werden können.

Im Bereich der Industrie 4.0 setzt sich die Verwaltungsschale (Asset Administration Shell [1]) als Umsetzung des Digitalen Zwillings durch. Die Verwaltungsschale ist dabei auf nationaler Ebene als DIN-Norm und international als IEC-Norm standardisiert. Die Verwaltungsschale ist ein hierarchisch aufgebautes Framework, das Informationen in Teilmodelle (sub model) strukturiert. Teilmodelle enthalten wiederum Teilmodellelemente (sub model element) wie Eigenschaften, Operationen oder Referenzen. Teilmodelle basieren auf Teilmodellvorlagen (sub model templates). Aktuell hat die IDTA (International Digital Twin Association) als Konsortium zur Standardisierung der Verwaltungsschale etwa 100 Teilmodellvorlagen spezifiziert. Diese kommen im Wesentlichen aus dem Bereich der Industrie. Die IDTA repräsentiert dabei ein breites Konsortium aus internationalen Unternehmen.

Eine Übertragung auf die Anforderungen und Datenmodelle der Forstwirtschaft erfolgt aktuell im Projekt CO2For-IT [2]. Eine Abbildung notwendiger Assets aus dem Bereich der Forstwirtschaft auf die Verwaltungsschale kann dabei die Grundlagen für die Digitalisierung von Forstunternehmen sein und die Voraussetzungen für die digitale Zusammenarbeit über Firmengrenzen hinweg schaffen. Im Projekt CO2For-IT wird der Datenraum Wald und Holz 4.0 für die Forstwirtschaft erstellt und dessen prototypische Nutzung im Rahmen von zwei Anwendungsszenarien gezeigt. Im ersten Szenario geht es um den Austausch von Umweltinformationen zum Monitoring der Biodiversität in Waldgebieten. Beim zweiten Szenario steht die CO2-Verfolgung und Bilanzierung in der Holzbereitstellungskette im Vordergrund. Für beide Szenarien spielt das Asset des Waldbestands eine zentrale Rolle. Im Rahmen einer Bachelorarbeit [3] wurde untersucht, welche bestehenden Teilmodellvorlagen für die Modellierung eines Waldbestandes als Verwaltungsschale genutzt werden können und welche Teilmodellvorlagen neu zu definieren sind. Die Verwaltungsschale des Waldbestands sollte dabei Bestandsinformationen, wie sie im Rahmen von Forstinventuren entstehen, Fernerkundungsdaten und auch Umweltdaten integrieren können. Eine Erweiterung auf Einzelbaumdaten sollte möglich sein.

Umweltdaten liegen häufig als Zeitreihendaten vor. Diese lassen sich mit der Teilmodellvorlage „Time Series Data“, IDTA-Nummer 02008 [4], als Verwaltungsschale abbilden. Für die Abbildung von Bestandsdaten aus der forstlichen Inventur und Fernerkundungsdaten gibt es dagegen keine

geeigneten Teilmodellvorlagen. Daher wurde eine Teilmodellvorlage definiert, die als Basis für eine standardisierte Verwaltungsschalenmodellierung von Waldbeständen dienen kann.

Im Projekt CO2For-IT werden diese Ergebnisse zusammengeführt und umgesetzt innerhalb eines Grünen Digitalen Zwillings [5] von Forstbeständen von ThüringenForst. Die Projektpartner vom Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrum (FFK) stellen dabei Inventurdaten für die abzubildenden Bestände bereit. Aus LiDAR-Daten leitet das FFK Daten für den Digitalen Zwilling ab, Umweltdaten werden mittels Sensornetzwerken von fold ecosystemics erhoben.

Sensordaten sind häufig unstrukturierte Daten, die bspw. als einfache Listen oder als einzelne Datenpunkte mit Zeitstempeln (CSV-Daten) bereitgestellt werden. Als relevanter Standard etabliert sich im Bereich der Sensordaten der OGC-Standard SensorThings [6]. Dabei werden die Sensordaten über einen FROST-Server [7] zugänglich gemacht. Wenn die Daten bereits auf diese Weise strukturiert sind, dann ist eine Duplizierung der Daten in der Verwaltungsschale nicht sinnvoll. Stattdessen referenziert der Digitale Zwilling die Datenpakete des FROST-Servers.

Für den Austausch von Daten ist eine Dateninfrastruktur notwendig wie der Datenraum Wald und Holz 4.0. Dieser ermöglicht den Austausch von Daten nach festgelegten Regeln. Der Datenraum stellt sowohl die technischen als auch die organisatorischen Mittel für einen selbstbestimmten (souveränen) Datenaustausch bereit. Teilnehmer am Datenraum müssen sich registrieren und ihre Identität nachweisen. Der Datenaustausch erfolgt dann ausschließlich zwischen authentifizierten Anbietern und Nutzern. Die Abbildung der Assets mittels Digitaler Zwillinge standardisiert den Datenaustausch im Datenraum inhärent und ersetzt proprietäre Schnittstellen. Der Zugang zum Datenraum erfolgt über sogenannte Connectoren beispielsweise erstellt aus den Eclipse Data Components (EDC) [8]. Abbildung 1 zeigt die grundsätzliche Struktur mit verschiedenen Datenanbietern, Dienstleistern und Datennutzern.

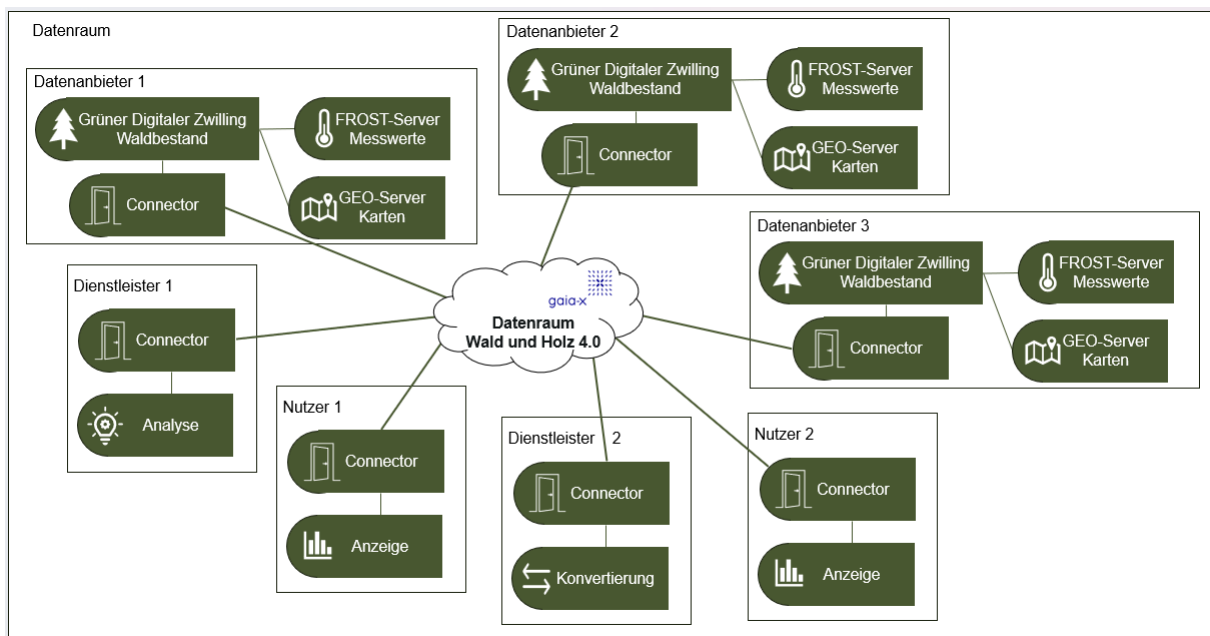


Abbildung 1: Konzeptbild Datenraum Wald und Holz 4.0

Die prototypische Umsetzung des Datenraums und der Digitalen Zwillinge in der letzten Projektphase wird wichtige Erkenntnisse für die Übertragung auf den gesamten Forstbereich liefern. Der Einstieg in die Datenraumtechnologie für den Forstbereich erfolgt nach aktuellem Erkenntnisstand optimalerweise über eine Datendrehscheibe [9].

Literaturliste:

- [1] DIN, „DIN EN IEC 63278-1 VDE 0810-781:2024-09, Verwaltungsschale für industrielle Anwendungen, Teil 1: Struktur der Verwaltungsschale,“ 2024.
- [2] M. Hoppen, S. Baier, L. Schinke, M. Ziesak, L. J. Schreiber, A. Wahl, J. Chen, A. K. Bektas, F. Heinze, M. Schluse und J. Rossmann, „Digital technologies for precise carbon balancing in timber procurement,“ *European Journal of Forest Research (EJFR)*, Bd. 144, pp. 1043-1061, 2025.
- [3] K. Abdulazizova, „Green Digital Twins of Forest Stands in the Data Space Forest and Wood 4.0,“ Bachelorarbeit, Fachbereich Informatik, Lehrstuhl Enterprise Computing, TU Dortmund, 2025.
- [4] Industrial Digital Twin Association, „IDTA 02008-1-1 Time Series Data; Submodel Template of the Asset Administration Shell,“ 2023.
- [5] F. Heinze, C. Kasper, S. Rappold, K. Abdulazizova, F. Förstner, V. Labudda und J. Roßmann, „Grüne Digitale Zwillinge des Waldes im Datenraum,“ *Datenräume in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik*, 2026 (akzeptiert).
- [6] „OGC Sensorthings API,“ [Online]. Available: <https://ogcapi.ogc.org/sensorthings/>. [Zugriff am 16. Oktober 2025].
- [7] Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, „FROST®-Server - Open-Source-Implementierung der OGC SensorThings API,“ [Online]. Available: <https://www.iosb.fraunhofer.de/de/projekte-produkte/frostserver.html>. [Zugriff am 16. Oktober 2025].
- [8] Eclipse Foundation AISBL, „Eclipse Dataspace Components (EDC),“ [Online]. Available: <https://projects.eclipse.org/projects/technology.edc>. [Zugriff am 15. Oktober 2025].
- [9] M. Hoppen, M. Schluse, J. Roßmann, F. Heinze und A. Kaulen, „Datendrehscheibe Forst-Holz: Eine Datenaustauschplattform für den Cluster Forst-Holz,“ in *Smart Forest*, 2026 (im Review).

Das auf drei Jahre ausgelegte Forschungsprojekt CO2For-IT (Forest Data Space for a CO₂-aware Forestry – Datenraum für das Nachhaltigkeitsmonitoring der Wald- und Holzwirtschaft: IT für die nachhaltige, klimapositive Holzwertschöpfung) wird vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) gefördert (FKZ 01MN23017A bis G). Wissenschaftler von Materna Information & Communications SE, der RWTH Aachen University, RIF Institut für Forschung und Transfer e. V., der Rhenus Forest Logistics GmbH & Co. KG, der Hohenloher Spezial-Maschinenbau GmbH & Co. KG (HSM), dem Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e. V. (KWF) und von ThüringenForst-AöR – mit dem Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrum (FFK Gotha), dem Unterauftragnehmer iFOS und dem Zulieferer fold ecosystemics SAS – arbeiten dabei unter der Projektträgerschaft des DLR zusammen.

Gefördert durch:

