

# Projekt SIMPRO: Ein intelligenter digitaler Zwilling für die Industrielle Produktionsplanung

Prof. Dr. Steffen Schwarzer, Cedric Kiener

## 1. Was ist ein intelligenter digitaler Zwilling?

Alle digitalen Zwillinge lassen sich in 3 Kategorien einteilen: Intelligente, Vorausschauende und Verbundene.

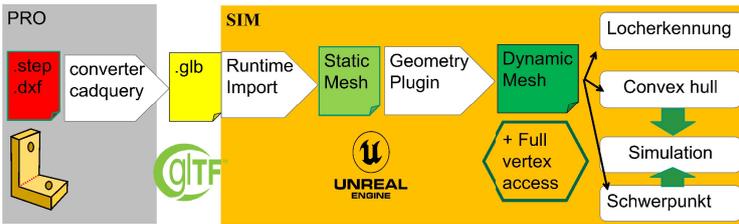
- Verbundene digitalen Zwillinge haben eine Datenverbindung und können nach Art der Daten weiter eingeteilt werden.
- Die vorausschauenden Zwillinge analysieren, steuern oder simulieren auf Basis von Daten der verbundenen digitalen Zwillinge.
- Ein intelligenter digitaler Zwilling vereint Fähigkeiten der vorausschauenden Zwillinge in sich. In diesem Projekt Analyse und Simulation.



Quelle:[1]

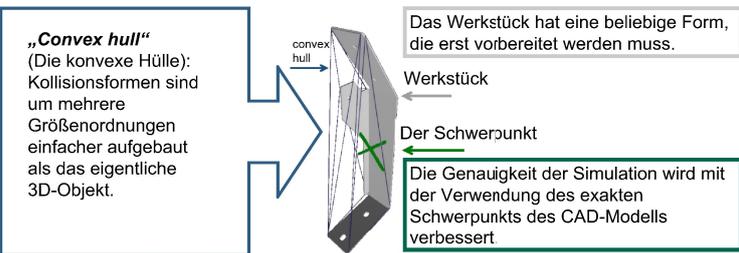
## 3. Automatischer Dateimport in die Game Engine

Für die Analyse und Simulation der Werkstücke verwendet das Projekt SIMPRO die Spiele Engine **Unreal Engine 5.4** [2]. Die Steuerungssoftware PRO stellt die CAD Datei (.step) der Werkstücke im glTF Format bereit. Dieses Format wird von der **Unreal Engine** [2] importiert und zunächst als **Static Mesh** gespeichert:



Die **Unreal Engine** [2] bietet umfangreiche und leistungsstarke 3D-Funktionen und eine integrierte **Physik Engine**, die der **intelligente digitale Zwilling** nutzt.

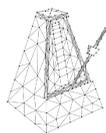
Nur durch den Übergang vom **Static Mesh** zum **Dynamic Mesh** kann während der Laufzeit eine Kollisionshülle (**convex hull**) generiert werden. Die Physik Engine benötigt diese **convex hull** für die Simulation. In diesem Projekt ist die Kollisionshülle immer eine „**convex hull**“, da diese zu jeder beliebigen Form generiert werden kann. Dies während der Laufzeit („Runtime“) - also während dem Betrieb der Software - automatisch tun zu können ist neu.



## Glossar

- In der **Unreal Engine** werden 3D Objekte als **Static Mesh** und **Dynamic Mesh** gespeichert:
- Ein **Static Mesh** ist beweglich jedoch unveränderlich (Bsp Haken und Werkstückträger) und man hat keinen Zugriff auf die Vertices.
  - Ein **Dynamic Mesh** kann sich während der Laufzeit ändern. (Bsp. Werkstücke) Zusätzlich gibt es Funktionen im Geometry Plugin der Unreal Engine, mit denen man vollen Zugriff auf jeden einzelnen Vertex eines **Dynamic Mesh** hat.
  - Ein **Vertex** ist ein Knotenpunkt im Raum. (Plural: **Vertices**)
  - Zwei Vertices ergeben zusammen die Endpunkte einer Linie, drei Vertices definieren ein Dreieck. Mit diesen Dreiecken kann jede 3D-Form dargestellt werden.

Beispiel für die Struktur eines **Mesh** in der Unreal Engine:

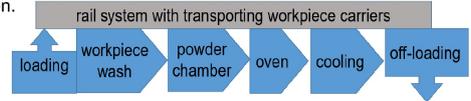


## 2. Anwendungsbeispiel Pulverbeschichtung

- Die Werkstücke, die pulverbeschichtet werden sollen, weisen unterschiedliche Formen auf, sodass ein angepasster Bestückungsplan erstellt werden muss. Das Ziel ist mehrere Werkstücke optimal unter den Werkstückträger zu hängen.



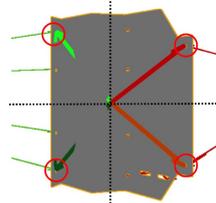
- Es werden Kupferhaken verwendet um die Werkstücke aufzuhängen und gleichzeitig elektrisch zu erden. Das Schienensystem transportiert die fertig bestückten Werkstückträger von der Bestückungsstation („loading“) zu den den anderen Arbeitsstationen.



- Die Bestückung ist die zentrale Aufgabe der Produktionsplanung und betrifft alle Arbeitsstationen, die für den Pulverbeschichtungsprozess notwendig sind. Der **intelligente digitale Zwilling simuliert** eigenständig die Bestückung schon im Vorfeld mithilfe der CAD-Datei der Werkstücke, um die Produktionsplanung zu optimieren.

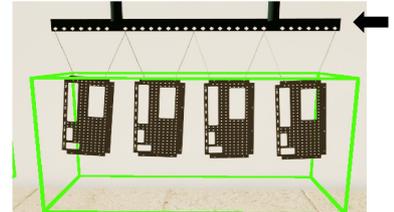
## 4. Locherkennung, Bestückung und Simulation

Der intelligente digitale Zwilling besteht aus der Gesamtheit aller Softwarekomponenten des Imports, der Simulation und der Ergebnisübermittlung. Der innovativste und größte Anteil wurde innerhalb der Game Engine entwickelt in Form von Algorithmen, die beliebig geformte Werkstücke analysieren, planen, simulieren und optimieren. Die Locherkennung erkennt „Löcher“ für die Hakenplatzierung. Auch die diskreten Längen der Haken werden bei der automatischen Bestückung berücksichtigt. Die Ergebnisse der Simulation werden dann verwendet für eine erneute optimierte Bestückung. Bei der Simulation wird die Kinematik aller Werkstücke und Haken berücksichtigt. Insbesondere beim Anfahren und Anhalten des Werkstückträgers, damit Werkstücke nicht miteinander kollidieren oder aus dem Ladevolumen heraus schwingen. Solange die Pulverschicht nicht im Ofen eingebrannt wurde, sind sowohl Werkstücke als auch die Pulverschicht sehr verletzlich.



••• Schwerpunkt

Beispiel Locherkennung: Auf dem Werkstück wird in jedem Quadranten ein Loch ausgewählt.

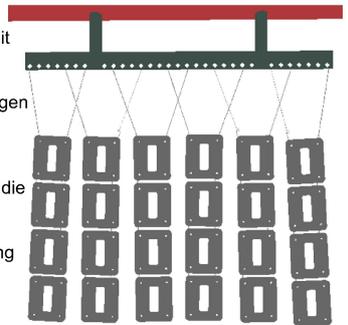


Das Ladevolumen des Werkstückträgers

Bestückungsbeispiel: Auch unter Bewegung des Werkstückträgers muss das Ladevolumen eingehalten werden

## 5. Ergebnis

- Der intelligente digitale Zwilling optimiert die Produktionsplanung für die Pulverbeschichtung mit
- erweiterter Planungsflexibilität mit maximalen Zeitfenster für die Produktionsplanung.
  - Ressourcensparnis durch optimiertes Behängen der Werkstückträger.
  - Zeitersparnis bei der Produktionsplanung, da Bestückungspläne schon bereit sind.
  - visueller Unterstützung des digitalen Zwillings, die Einweisung und Einarbeitung von Personal erleichtert.
  - besserer Kosteneinschätzung bei der Bestellung pulverbeschichteter Werkstücke.
  - einem schnelleren Gesamtprozess.



invest**bw**

H.P. Kaysser Systemlösungen in Metall

CRITALOG hiqs



Baden-Württemberg MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST

TPBW I4.0 TRANSFERPLATTFORM BW INDUSTRIE 4.0

