



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Institut für
Fertigungstechnik und
Photonische Technologien



DIPLOMARBEIT

Entwicklung eines Systems zur Feature-basierten Erfassung und Auswertung von Planungs-, Prozess- und Qualitätsdaten bei subtraktiven Bearbeitungen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Friedrich BLEICHER

(Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien)

Projektass. Dipl.-Ing. Gernot MAUTHNER

(Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Maximilian HOFFMANN, BSc

Matrikelnummer 01529076 (Studienkennzahl 066445)

Parkstraße 10

2231 Strasshof an der Nordbahn

Wien, am 7. November 2021

Maximilian HOFFMANN, BSc

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

DIPLOMARBEIT

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und, dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, am 7. November 2021

Maximilian HOFFMANN, BSc

Danksagung

Als ich im März 2016 mein Studium an der TU-Wien begann, konnte ich kaum abschätzen, welche Herausforderungen vor mir lagen. Nun, gut fünf Jahre später, blicke ich auf eine sehr anstrengende, aber auch schöne Zeit zurück, welche ich auf keinen Fall missen möchte. Nicht missen aufgrund neuer Freundschaften und solcher die sich durch diese intensive Zeit festigten. Eine Freundschaft, die ich hier nicht zuletzt wegen der engen Zusammenarbeit während des Studiums besonders hervorheben möchte, ist die zu meinem langjährigen Freund Philipp MANDL. Danke, dass wir gemeinsam jede Herausforderung bewältigen konnten, auch wenn sie noch so groß und unüberwindbar wirkte.

Danken möchte ich generell meinen gesamten Freunden und Verwandten, welche viel Verständnis zeigten, aber auch ein großes Maß an Unterstützung boten. Neben meinen Eltern, Robert und Birgit HOFFMANN, ohne die diese Ausbildung sowieso nicht möglich gewesen wäre, möchte ich mich auch bei meinem Onkel Reinhard HOFFMANN bedanken, der vor allem in frühen Jahren maßgeblich meine Laufbahn prägte.

Des Weiteren möchte ich auch noch einem der wichtigsten Menschen in meinem Leben danken; meiner Lebenspartnerin Lisa SCHÖN. Geduld, Respekt, Verzicht und Verständnis sind nur einige Eigenschaften, welche sie mir in den letzten Jahren entgegenbrachte. Danke dafür!

Zu guter Letzt möchte ich mich für die Kooperation und das Vertrauen bei dem Betreuer der vorliegenden Diplomarbeit, Herrn Projektass. Dipl.-Ing. Gernot MAUTHNER, bedanken. Danke für die enge Zusammenarbeit und die umfangreiche Unterstützung.

Kurzfassung

Um die Optimierung von Fertigungsprozessen voran zu bringen, werden immer mehr Daten generiert, abgegriffen und gespeichert. Das Ziel ist hier einen digitalen Abgleich der realen Bedingungen während der Prozesse zu schaffen, um hieraus erweiterte, höher auflösende Analysen durchführen zu können. Die Art der Umsetzung dieser Analysen kann konservativ manuell, durch gezielte Abfragen aus den erzeugten Daten, oder aber auch durch Algorithmen, welche auch als Künstliche Intelligenz (KI) bezeichnet werden und gewisse Prozesslogiken innerhalb der Datensätze identifizieren, erfolgen.

Damit die Untersuchungen dieser Daten nachhaltig, effizient und damit praxisnah erfolgen können, dürfen diese nicht nur abgelegt werden, vielmehr muss ein umfangreiches, tiefgreifendes Konzept zur Verknüpfung entsprechender Daten aus allen Phasen der Herstellung eines Werkstücks erarbeitet und umgesetzt werden. Durch die gezielte Zusammenführung von Informationen aus der Konstruktion, der Fertigungsplanung, der Fertigung und der qualitativen Untersuchung kann das zuvor beschriebene digitale Abbild eines Fertigungsprozesses erzeugt und genutzt werden.

Entscheidend bei der Erarbeitung dieser Datenstruktur ist es, eine entsprechend hohe Auflösung innerhalb des Konzeptes zu etablieren. Um die beschriebene erweiterte Analysemöglichkeit tatsächlich realisieren zu können, muss jede auf einer Maschine durchgeführte Bearbeitungsoperation eindeutig ihrem Erzeugnis zuordenbar sein. Nur so kann das volle Potential der Informationen aus den immer stärker etablierten Sensor-Systemen ausgeschöpft und somit Mehrwert generiert werden.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Konzept zur Herstellung besagter Verknüpfungen erstellt, innerhalb einer PostgreSQL-Datenbank umgesetzt und anschließend anhand eines ersten Versuches verifiziert. Hierzu wird ein Feature-basierter Ansatz herangezogen. Konkret werden die Abläufe rund um subtraktive Fertigungsprozesse bearbeitet.

Neben der nachhaltigen Verknüpfung der Daten spielt die Möglichkeit des automatisierten Abgreifens der benötigten Informationen aus den in den Prozessablauf involvierten Systemen eine entscheidende Rolle. Auch hierzu werden entsprechende Methoden erarbeitet und die Umsetzung innerhalb der vorliegenden Arbeit dokumentiert.

Abstract

To push forward the optimization of manufacturing processes, more and more data is being generated, extracted and stored. The aim here is to create a digital match of the real conditions during the processes in order to be able to execute advanced, more detailed analyses from this. The way these analyses are executed can be conservatively manual, through targeted queries from the generated data, or by algorithms, which are also referred to as artificial intelligence and identify certain process logics within the data sets.

For a sustainable, efficient and thus practical analysis of this data, it must not only be stored, rather a comprehensive, fundamental concept for linking corresponding data from all phases of the production of a workpiece must be developed and implemented. The digital image of a manufacturing process described above can be generated and used through the targeted combination of information from design, production planning, manufacturing and qualitative investigation.

The critical factor in developing this data structure is to establish an appropriately high resolution within the concept. In order to be able to implement the advanced analysis options described above, each machining operation performed on a real machine must be clearly assignable to its outcome. This is the only way to tap the full potential of the information generated by the increasingly established sensor systems and thus achieve added value.

In this thesis, a concept for the mentioned data structure is developed, implemented within a PostgreSQL database and subsequently verified by an first trial. A feature-based approach is used for this purpose. Specifically, the procedures around subtractive manufacturing processes are treated.

In addition to the sustainable linking of data, the possibility of automated retrieval of the required information from the systems involved in the process flow plays a decisive role. Appropriate systems are also being developed for this purpose and the implementation is documented within the present work.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen und Stand der Technik	2
2.1	Informationsfluss bei subtraktiven Bearbeitungen	2
2.2	Die CAx-Anwendung als zentrales, virtuelles Element im Prozessablauf	4
2.3	Grundlegende Beschreibung des Begriffs 'Feature'	7
2.4	Internet of Production (IoP)	8
2.5	Kommunikationsprotokolle	9
2.5.1	Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)	9
2.5.2	OPC-UA	11
2.6	Standardisierte Datenformate	12
2.6.1	XML	12
2.6.2	JSON	13
2.6.3	YAML	14
2.7	Datenbanksysteme	15
2.7.1	Datenbank-Architektur (ANSI-Architekturmodell)	16
2.7.2	Datenmodellierung	17
2.7.3	Structured Query Language (SQL) und zugehörige Datenbank- managementsysteme (DBMS)	18
3	Zielsetzung der Arbeit	19
3.1	Problemstellung & Definition der Forschungsfrage	19
3.2	Hypothese & Methodiken	20
4	Entwicklung einer Feature-basierten Datenstruktur	22
4.1	Externe Phase	22
4.2	Konzeptionelle Phase	28
4.3	Logische Phase	31
4.4	Physische Phase	34
5	Entwicklung der benötigten Kommunikationsschnittstellen	38
5.1	Datenexport aus Siemens NX via NX Open	40
5.2	Übermittlung der Struktur an die Maschinensteuerung	43
5.3	Datenexport über MQTT	44

5.4	Beziehen der Qualitätsdaten	45
5.5	Beschaffung der Daten für die verbleibenden Relationen	46
5.6	Import der Daten in die PostgreSQL-Datenbank	47
6	Verifizierung der Feature-basierten Datenstruktur	49
6.1	Konstruktion (CAD)	50
6.2	Fertigungsplanung (CAM)	51
6.3	Fertigung	55
6.4	Qualitative Untersuchung	56
6.5	Verifizierung durch erste Abfragen	60
7	Ausblick auf Forschungsdesiderate	65
7.1	Kurzfristige Weiterentwicklungen	65
7.2	Langfristige Weiterentwicklungen	69
8	Zusammenfassung & Schlussfolgerung	71
9	Literaturverzeichnis	73
10	Abbildungsverzeichnis	77
11	Quellcodeverzeichnis	78
12	Abkürzungsverzeichnis	79
13	Anhang	80