

SewGuide:

Anlernassistent zur digitalen Unterstützung des Maschinenhandwerks

Die Ergebnisse des Ende März dieses Jahres erfolgreich abgeschlossenen Forschungsprojekts ‚SewGuide‘ zeigen anschaulich, wie man den Ausbildungsprozess in der maschinellen Fertigung mithilfe eines digitalen Anlernassistenten unterstützen, individualisieren und beschleunigen kann. Für das Projekt wurden mit *S-GARD® Schutzkleidungen* der *Hubert Schmitz GmbH*, eines der führenden Unternehmen für Schutzbekleidungen, sowie der *Tinkerforge GmbH* und der *Formitas AG* zwei Nähmaschinen durch Retrofitting digitalisiert und um eine intuitive Lehranwendung erweitert. Wertvolle Projektergebnisse liegen nun vor, die branchenunabhängig maßgebend für die Ausbildung im Maschinenhandwerk sein werden. Über den Lehrprozess hinaus bietet der im Forschungsprojekt entwickelte SewGuide, ein digitaler Anlernassistent, die geeignete Grundlage zur echtzeitdatengestützten Qualitätssicherung und dient als Begleiter in einer fortlaufenden Verbesserung des Produktionsprozesses. Wie ein solches Lehrkonzept entwickelt wird und welche kritischen Aspekte es dabei zu beachten gilt, wird im Folgenden vorgestellt. Dieses Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des *Bundesministeriums für Bildung und Forschung* unter dem Förderkennzeichen O2K19K013 gefördert. >

SewGuide:

Learning Assistant for the Digital Support of the Crafts Industry

The results of the ‚SewGuide‘ research project, which was successfully completed at the end of March this year, vividly demonstrate how the training process in machine assisted production can be supported, individually tailored and accelerated with the help of a digital teaching assistant. For the project, *FIR* joined forces with *Hubert Schmitz GmbH*, one of the leading companies for protective clothing with its *S-GARD® Brand*, *Tinkerforge GmbH*, and *Formitas AG*, to digitalize two sewing machines by retrofitting and enhance them with an intuitive teaching and learning application. The insightful project results, which are significant for education and training in all sectors of the crafts industry, are now available. Beyond offering training support, the SewGuide, a digital training assistant developed in the research project, provides a suitable basis for real-time data-supported quality assurance and serves as a useful complement for continual improvement of the production process. How such a training concept is developed and which critical aspects have to be considered will be outlined in the following sections. This research project was funded by the *German Federal Ministry of Education and Research* under the grant number O2K19K013. >

Das kürzlich abgeschlossene Forschungsprojekt ‚SewGuide‘ zielte auf die Entwicklung eines wegweisenden Ansatzes ab, Lehre und Wissensmanagement in der maschinellen Fertigung branchenübergreifend neu zu gestalten. Der Schwerpunkt der Projektarbeit lag auf der Entwicklung und Implementierung eines digitalen, interaktiven Lernassistenten, dem sogenannten SewGuide, der Auszubildende im Anlernprozess individuell unterstützt. Realisiert wurde dies mit industriellen Nähmaschinen, aufgerüstet mittels eines Retrofit-Kits, indem der Nähprozess in Echtzeit erfasst, anhand von Referenzdaten evaluiert und in ein Feedback für die Auszubildenden übersetzt wird. Der digital unterstützte Ausbildungsprozess dient dabei nicht nur der individualisierten Lehre für den Einzelnen, sondern bildet die Grundlage für weitere relevante Anwendungsfälle, etwa der strukturierten, datengestützten Produktionsplanung. Das Projekt wurde vom FIR, unter der Koordination der Hubert Schmitz GmbH als Experten in der Konfektionsindustrie, und mit der Formitas AG sowie der Tinkerforge GmbH als Partner für die technische Umsetzung durchgeführt.

Zwei Jahre hat das Projekt „SewGuide“ eine weitreichende Entwicklung durchlaufen und nun seinen Endpunkt erreicht. Das Resultat sind zwei digitalisierte Nähmaschinen, die durch den/die Auszubildende:n über ein Tablet mit dazugehöriger Lehranwendung bedient werden (s. Bild 1). Vom unerfahrenen Neuling bis zum Experten wurde der Lernassistent SewGuide in mehreren praktischen Tests auf die Probe gestellt und bewies vor dem Konsortium und den Proband:innen deutliche Verbesserungen im Lehrprozess. Die aufgrund von Corona angepassten Tests ermöglichten eine erste Prüfung des SewGuide-Lehrkonzepts unter nachgebildeten Realbedingungen. Begleitet von sowohl skeptischen als auch erstaunten Blicken konnte SewGuide zeigen, dass man den Einstieg in ein beliebiges Handwerk auch „auf eigene Faust“ mit einem ausgeklügelten Lehrassistenten finden kann. Mit dem Projektabschluss eröffnen die Inhalte nun branchenweit wertvolle Erkenntnisse, die im Folgenden vorgestellt werden.

Figure 1:
SewGuide intelligent learning assistant reflects real-time data to the apprentice to improve the safety-related sewing process

The recently completed ‘SewGuide’ research project aimed at developing a pioneering approach to redesigning teaching and knowledge management in machine manufacturing across all sectors. The project work focused on the development and implementation of a digital, interactive teaching assistant, the so-called SewGuide, which supports the learning process of trainees in an individually tailored way. The training assistant was implemented on industrial sewing machines by upgrading it with a retrofit kit, which makes it possible to record the sewing process in real time, evaluate it on the basis of reference data, and translate it into feedback for the trainees operating the machines. The digitally supported training process not only serves to provide individually tailored teaching for trainees, but also forms the basis for other relevant use cases, such as structured, data-supported production planning. The project was carried out by FIR, coordinated by Hubert Schmitz GmbH as experts in the ready-to-wear industry, and with Formitas AG and Tinkerforge GmbH as partners tasked with the technical implementation.



Der SewGuide liefert in erster Linie ein praktisches anwendungsbegleitendes Wissensmanagement für die grundlegende Bedienung der Maschine, handwerkliche Fertigkeiten und sogar für Experten relevante Prozessbeschreibungen. Aber wie gelangt der User zu den Inhalten, die er gerade benötigt? Und wie kann man eine regelrechte Informationsüberflutung umgehen? Die Abstimmung des richtigen Informationsgehalts erwies sich als optimal, wenn die gerade betrachtete Lerneinheit in anschauliche Prozesse gegossen wurde. Mithilfe simpler Tutorials fertigt der Auszubildende ein für die Übung konzipiertes Werkstück, um die Maschine kennenzulernen und einen Einstieg in die Grundlagen des Handwerks zu finden. Über anfänglich einfachere reale Teilwerkstücke lernt er dann Schritt für Schritt den gesamten Produktionsprozess kennen. Grafische Abbildungen der durchzuführenden Prozessschritte dienen als zentrales Medium, während Videoaufnahmen von Experten aus verschiedenen Perspektiven Detailinformationen für eine erweiterte, sprachunabhängige Prozessklärung liefern. Von grundlegenden Maschinenkonzepten bis hin zu präzisen unternehmensindividuellen Prozessbeschreibungen stehen sowohl Auszubildenden als auch Experten intuitiv und dem Expertise-Niveau entsprechend geeignete Einstiegspunkte zur Verfügung.

Dieses Ergebnis gipfelt im individuell entwickelten Design der Lehnanwendung. Dazu wurden zunächst das Handwerk bzw. die an der Industriemaschine anfallenden Aufgaben analysiert. Anhand einer Bewertungsmatrix (s. Bild 2, S. 66) wurden die identifizierten Fertigkeiten sowie individuellen Prozessschritte nach Schwierigkeitsgrad und Wertschöpfungsrelevanz eingeordnet und daraus notwendige Lerninhalte abgeleitet. Darauf aufbauend teilt sich die Lehnanwendung zur präziseren Adressierung von Auszubildenden und Experten in zwei Modi ein: den Lern- und den Arbeitsmodus. So werden Lehrinhalte und der entwickelte Feedback-Mechanismus zur Entlastung der Nutzenden separiert. Das Feedback stellt im Rahmen des Forschungsprojekts den Kern der digitalen Unterstützung dar, der sich auf ein ausgeklügeltes Konzept für eine Echtzeitdatenerfassung stützt.

Die Echtzeitdatenerfassung dient der individuellen Anpassung der Lehre an den Auszubildenden. Zielgerichtet wird sie über die Produktqualität, die gerade für S-Gard, hinsichtlich einzuhaltender Richtlinien und Normen der produzierten Schutzbekleidung, ein essenzieller Bestandteil zur Bemessung des Handwerks ist. Um das Handwerk also nutzenbringend zu lehren und zu verbessern, wurden im ersten Schritt der Echtzeitdatenerfassung eindeutige Qualitätsmerkmale definiert, über die sich die Produktqualität bzw. die Handwerksqualität beschreiben lässt. Nun

After a two-year development and implementation process, the SewGuide project has now been completed. As a result, two digitalized sewing machines, fitted with a training application, can now be operated by trainees via a tablet (see Fig. 1). Both inexperienced novices and experts put the SewGuide teaching assistant to the test in several practical tests and experienced significant improvements in the teaching and learning process. The tests, which had to be adapted due to the COVID-19 pandemic, allowed the SewGuide training concept to be tested for the first time under simulated real-life conditions. Stunning even the skeptics, the SewGuide successfully demonstrated that it is indeed possible to get started in any craft “on your own” with the help of a sophisticated teaching assistant. Now that the project has ended, its results provide valuable insights of relevance across all sectors.

First and foremost, the SewGuide provides hands-on knowledge management for basic machine operation, craft skills, and process descriptions that are relevant even to experts. But how are users provided with exactly the teaching content they need? And how can information overload be avoided? The information provided in a teaching unit proved to be optimal when the materials was subsequently applied in illustrative, hands-on activities. With the help of simple tutorials, the trainee had to produce a workpiece specifically designed for the exercise in order to get to know the machine and to get introduced to the basics of the craft. Beginning with simpler workpieces, they then learn to perform the entire production process in a stepwise process. Graphic illustrations and drawings of the process steps to be performed serve as the key training medium, while video recordings showing expert craftspersons from various perspectives provide detailed information for a comprehensive, language-independent illustration of the process in question. Teaching materials range from basic machine concepts to precise company-specific process descriptions, providing both trainees and experts with intuitive entry points that are appropriate to their level of expertise.

The unique teaching and learning application was designed as follows: In a first step, the craft work in question and the tasks to be performed on the industrial machine were analyzed. Using an evaluation matrix (see Fig. 2, p. 68), the identified skills and individual process steps were classified according to their degree of difficulty and their value creation contribution. With the help of the matrix, the learning content was derived, making it possible for the teaching application to offer two modes to meet the needs of both trainees and experts: a learning mode and an application mode. Thus, the teaching content and the feedback mechanism are separated to better suit the need of the users. In the context of the research project, the feedback function lies at the heart of the digital support

stellt sich jedoch die Herausforderung, wie die durchaus abstrakten Qualitätsmerkmale (wie etwa das „Kräuseln“ des Stoffes an der Naht) technisch erfasst werden können. Dazu wurden Einflussgrößen während des Prozesses beleuchtet, die kausal mit dem Qualitätsmerkmal in Verbindung stehen. Zur technischen Erfassung des Merkmals können demnach verschiedene Optionen betrachtet werden: beispielsweise der Einfluss von Maschinenparametern (vor dem Prozess), indizierende Prozessparameter wie etwa ein relativer Verzug des Stoffes (während des Prozesses) oder das Erkennen des Fehlers am Resultat (nach dem Prozess). Die Umsetzbarkeit der technischen Lösungen wurde im Forschungsprojekt durch den Konsortialpartner *Tinkerforge GmbH* bewertet.

Auf diesem Vorgehen basiert das technische Konzept von SewGuide. Die Maschine ist sensorisch mit einer Kamera ausgestattet, die die Nahtzugabe (Distanz von Naht zum Stoffrand) und damit die Nahtgenauigkeit misst. Als wichtiger Basiswert wird die Motorendrehzahl anhand eines Drehzahlmessers gemessen, welcher Auskunft über Irregularitäten und die individuelle Beherrschung der Maschine gibt. Auch eine Fehlerdetektion und -konfiguration durch Messung der Oberfadenspannung sind mittels eines kompakten Fadenspannungssensors integriert. Als Steuereinheit dient ein Raspberry Pi bzw. Kompaktrechner, der die Sensorik instrumentiert, Daten in der Rolle eines Edge-Device vorverarbeitet und mit der Cloud-Plattform der Lehranwendung vernetzt. Rückgespielt werden die

function, which is based on a sophisticated concept for real-time data collection.

Real-time data collection provides the basis for tailoring the teaching process to the individual trainee. In the present context, the data were to capture the product quality as an indicator of the quality of the craftsmanship. High quality is especially relevant for a product such as S-Gard®, which must comply with the standards and norms for protective clothing. In order to effectively teach and improve the trainee’s skills, clear quality characteristics were defined for the real-time data collection, which serve to evaluate both product quality and quality of the craftsmanship. Now, however, the challenge arose as to how the – quite abstract – quality characteristics (such as the “puckering” of the fabric at the seam) can be technically determined. To this end, influencing variables during the process that are causally related to the quality characteristic were identified. Accordingly, various options can be considered for the technical detection of the characteristic: for example, the influence of machine parameters (before the process), indicative process parameters such as a relative warpage of the fabric (during the process), or the detection of a defect in the resulting product (after the process). The feasibility of the technical solutions was evaluated by the consortium partner *Tinkerforge GmbH*.

The technical concept of SewGuide is based on the approach outlined above. The machine is sensor-equipped, featuring

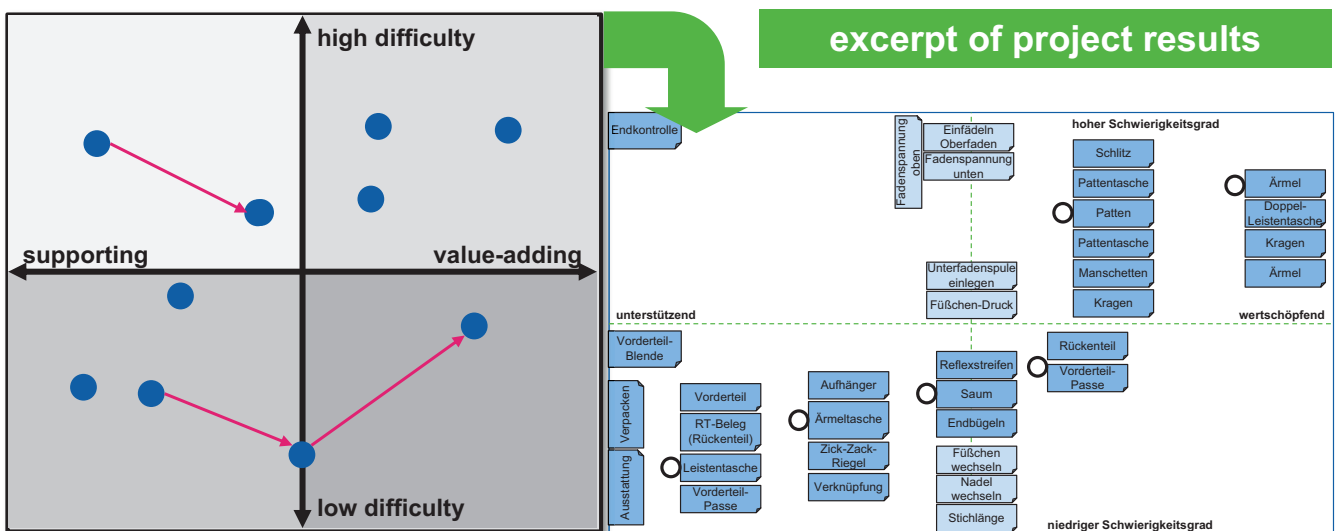


Figure 2: With the help of the difficulty-value matrix, learning content is structured in order to correctly align it for further use according to teaching progress and expertise level

erfassten Qualitätsmerkmale im Arbeitsmodus über ein Messdaten-Cockpit. Hier werden die Daten im Kontext der durch den Prozess definierten Intervalle visualisiert und in eine prototypische Evaluation übersetzt. Über die Nähgeschwindigkeit wird etwa die Erfahrung des Auszubildenden im spezifischen Prozess abgeschätzt, sodass dieser sich selbst besser einschätzen kann.

Das entwickelte Konzept wurde trotz der Corona-bedingten Nichtverfügbarkeit einer realen Produktionsumgebung in drei angepassten Produktivtests mit Proband:innen unterschiedlicher Erfahrungsniveaus getestet. Dabei haben sich folgende Kernerfahrungen herausgestellt: Die selbstbewusste, auf Antrieb souverän durchgeführte Navigation der Probanden bewies, dass das Designziel, durch eine vorwiegend sprachunabhängige und intuitiv erfassbare Anwendung die Probanden selbstständig durch den Prozess zu führen, erfolgreich umgesetzt wurde. Damit ein Anlernen nicht das Kennenlernen der Lehranwendung selbst umfasst, ist ein solches Design sehr zu empfehlen. Das anfängliche Misstrauen über die Effektivität einer digitalen Lehranwendung der Experten hat sich schnell in die Wahrnehmung eines hohen Potenzials nach einem direkten Lehrvergleich gewandelt. Gerade Unerfahrenen hat die Lehranwendung Mut zur eigenmächtigen Annahme der Aufgabe gegeben, während Proband:innen im klassischen Expertencoaching durch häufige Rückfragen eher unsicher wirkten. Während die Entlastung von Experten in der Lehre einen Zugewinn darstellt, hat sich jedoch gezeigt, dass Experten im Handwerk selbst durch die Lehranwendung ausgebremst wurden. Diese haben eine Suggestion von bisher unbekanntem Inhalt erfahren, sodass sie selbst unsicherer wurden – eine solche interaktive Lehranwendung sollte bei Handwerks-Experten also als rein passives Hilfsmittel angewandt werden.

Insgesamt liefert das Projekt ‚SewGuide‘ wertvolle Ergebnisse und Erkenntnisse als Basis für die Lehre und das Wissensmanagement im Industriehandwerk. Die hier vorgestellten Inhalte liegen in Form von detaillierten Vorgehensbeschreibungen auch auf der Projektwebsite vor (sewguide.fir.de). Weitere Inhalte, wie ein Entscheidungsmodell zur Bewertung einer individuellen Entwicklung, werden in einem Abschlussbericht Ende September publiziert und erscheinen ebenfalls auf der Projektwebsite. Die im Projekt identifizierten Herausforderungen eröffnen Handlungsmaßnahmen, die im Rahmen eines künftigen Forschungsprojekts erforscht werden können. Die Projektskizze ‚SewMentor‘ (Arbeitstitel) wurde ins Leben gerufen, in der beschrieben wird, wie die Unterstützung des individuellen Lernpfads im Rahmen einer umfassende-

a camera that measures the seam allowance (distance from the seam to the edge of the fabric) and thus the accuracy of the seam. As an important basic value, the motor speed is measured by means of an rpm counter, which provides information about irregularities and the command of the operator over the machine. Error detection and error configuration are also implemented by measuring the tension of the upper thread with a compact thread tension sensor. A Raspberry Pi compact computer serves as the control unit, controlling the sensor technology, pre-processing data as an edge device, and connecting it with the cloud platform of the teaching application. In the working mode, the captured quality characteristics are displayed in a measurement data cockpit. Here, the data is visualized in the context of the intervals defined by the process and translated into a prototypical evaluation. The sewing speed, for example, is used to estimate the trainee's experience in the process in question, enabling them to better assess their own performance.

Despite the unavailability of a real-world production environment due to the COVID-19 pandemic, the developed concept was tested in three adapted production tests with test subjects of different experience levels. The key results were as follows: The subjects' confident performance, delivered right from the beginning of the test, proved that the design goal of guiding the subjects independently through the process, assisted by a predominantly language-independent and intuitively graspable teaching application, was successfully achieved. To ensure that the learning process does not require getting familiar with the teaching application itself, such an intuitive design is highly recommended. The experts' initial mistrust about the effectiveness of the digital teaching application was quickly replaced by an acknowledgement of its potential, in particular after comparing the digitally assisted teaching process with teaching involving expert instructors. The teaching application in particular encouraged inexperienced trainees to take on the task on their own, while test subjects in traditional expert coaching seemed rather hesitant and uncertain, as indicated by the many questions they asked. While it is a clear benefit of the teaching assistant to relieve experts of teaching duties, it soon became clear that the craft experts themselves were slowed down when using the teaching application. The application made them doubt their full command of all teaching materials and thus made them somewhat insecure – for this reason, such an interactive teaching application should only be applied to experts as a purely passive aid.

Overall, the ‚SewGuide‘ project provided valuable results and findings as a basis for teaching and knowledge management in the crafts industry. Further information on

ren „Remote-Akademie“ und moderner Coachingkonzepte durch Experten weiter untersucht wird.

Der intelligente Lernassistent SewGuide spiegelt dem Lehrling Echtzeitdaten zur Verbesserung des sicherheitsrelevanten Nähprozesses wider

Mithilfe der Schwierigkeits-Wertschöpfungs-Matrix werden Lerninhalte strukturiert, um sie für den weiteren Einsatz nach Lehrfortschritt und Expertise-Grad korrekt auszurichten.

ke

the project presented here are also available in the form of detailed process descriptions on the project website at: sewguide-en.fir.de. Further project outcomes, such as a decision model for evaluating individual development, will be published in a final report at the end of September and also be described on the project website. The challenges identified in the project invite further investigation in a future research project. An outline for the “SewMentor” (working title) project has already been developed, which sets out how expert support for individually tailored learning paths will be further explored in the context of a more comprehensive “remote academy” and involving modern coaching concepts for experts.

The SewGuide intelligent teaching assistant provides the trainee with real-time data to improve the sewing process for protective clothing

With the help of the degree of difficulty-value creation matrix, teaching and learning content is structured in order to tailor it to the trainee’s progress and level of expertise.

ke



If you have any questions, please do not hesitate to contact Sebastian Kremer.

Project Title: SewGuide

Funding/Promoters: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF);
Projektträger Karlsruhe – PTKA

Funding no.: 02K19K013

Project Partner: Formitas AG; S-GARD® Schutzkleidung | Hubert Schmitz GmbH; Tinkerforge GmbH

Website: sewguide.fir.de & sewguide-en.fir.de

This project is funded by the German Federal Ministry of Education and Research under the funding code 02K19K013.



Sebastian Kremer, M.Sc.
Head of Research Unit Information
Technology Management
Department Information Management
FIR e. V. at RWTH Aachen University
Phone: +49 241 47705-515
Email: Sebastian.Kremer@fir.rwth-aachen.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie