

Datenmanagement am Werkzeug

Das elektronische Werkzeuglogbuch als Kombination von Betriebsanleitung und Checkheft

Ein Werkzeuglogbuch in Papierform ist, gerade wenn es benötigt wird, oft nicht greifbar. Oder unvollständig, denn die Pflege der Informationen ist mit erheblichem Aufwand verbunden. Ein Cloud-unabhängiges elektronisches Werkzeugbegleitheft, das direkt in das Werkzeug integriert ist, könnte alle relevanten Daten direkt zur Verfügung stellen. Durch den digitalisierten Zugriff würden das Lesen bzw. Hinzufügen von Inhalten durch autorisierte Personen ermöglicht und im Bedarfsfall wichtige Anleitungen zum Gebrauch sowie Informationen über den Zustand des Werkzeugs bereitgestellt.

Das montierte ImPro-Modul im Einsatz an einem Demonstratorwerkzeug unter produktionsnahen Bedingungen © Hochschule

Schmalkalden / Labor für angewandte Kunststofftechnik



Zur nachgewiesenen Funktions- und Produktionsfähigkeit eines Spritzgießwerkzeugs gehört auch immer die werkzeugbegleitende Dokumentation. Diese sollte, während das Werkzeug in Gebrauch ist, in greifbarer Nähe verfügbar sein, wie etwa die Betriebsanleitung eines Autos im Handschuhfach. Die Erfahrung lehrt, dass ein Blick in die Bedienungsanleitung gerade dann notwendig wird, wenn man nicht damit rechnet. Berechenbar tritt dieser Fall meist nur bei der Erst- oder Wiederinbetriebnahme oder im Falle des Wartungsnachweises ein. In allen Fällen ist das Wissen über den Ablageort eben-

so wie das rasche Auffinden der wichtigen Inhalte essenziell, um schnell die gewünschten Ergebnisse zu erzielen und um Schaden für das Werkzeug oder den Menschen abzuwenden.

Ein gut erstelltes und gepflegtes Werkzeuglogbuch enthält eine Sammlung von Informationen, die dem Nutzer einen sicheren und bestimmungsgemäßen Umgang mit einem Werkzeug, ähnlich einer Gebrauchsanleitung, näherbringt. Der Begriff Gebrauchsanleitung (instructions for use) entstammt der deutschen Übersetzung der EN 82079-1, die das Erstellen von Gebrauchsanleitungen

regelt. Im besten Falle sind im Werkzeugbegleitheft alle Informationen über den gesamten Werkzeuglebenszyklus hinweg enthalten.

Hierzu zählen u.a. die grundlegende Werkzeugbeschreibung in Form von technischen Zeichnungen und/oder 3D-Daten, eine Funktionsbeschreibung, Informationen zu Transport, Lagerung, Montage, Installation, Inbetriebnahme, Konfiguration, Bedienung, Wartung, Pflege, Störungsbehebung, Entsorgung sowie weitere relevante technische Informationen. Hierbei ist es wichtig zu wissen, dass es durchaus zulässig ist, eine Gebrauchsanlei-

International exhibition and conference on the next generation of manufacturing technologies

Formnext Connect, ab 10.11.2020
 Virtuell und gemeinsam erfolgreich.
 formnext.de

Die gesamte Welt des Additive Manufacturing



Die Additive Fertigung umgibt eine ganze Welt an Prozessen. Anstatt einer Weltreise benötigen Sie jedoch nur ein Ticket für die virtuelle Business- und Wissensplattform der AM-Branche – Formnext Connect!

Where ideas take shape.

Offizieller Messehashtag
 #formnext



mesago
 Messe Frankfurt Group

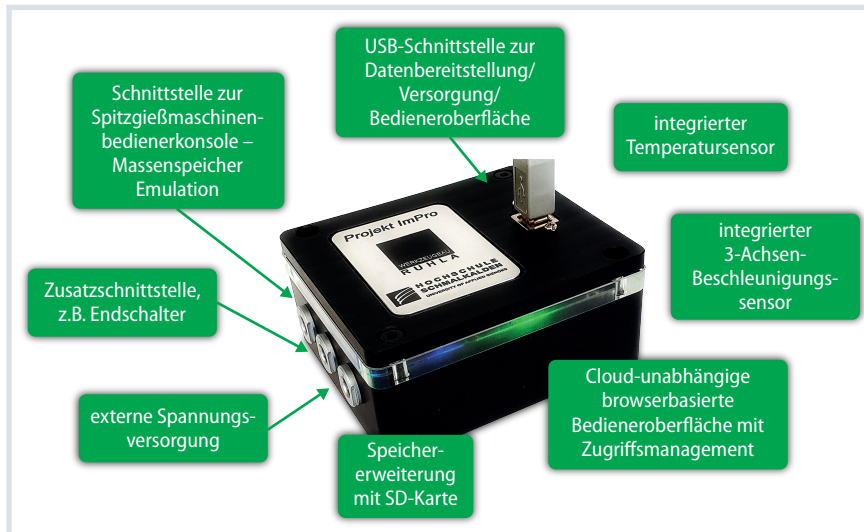


Bild 1. Das Herzstück des ImPro-Moduls mit seinen diversen integrierten Funktionen, Sensoren und Schnittstellen bildet ein Cortex-A8-Prozessor mit 1 GHz Taktfrequenz und speziell angepasstem Linux-Betriebssystem Quelle: Hochschule Schmalkalden; Grafik: © Hanser

nung nicht in gedruckter Form mitzuliefern, sondern ausschließlich oder ergänzend als Datei auf einem Datenträger oder zum Herunterladen im Web zur Verfügung zu stellen.

Instruktionspflicht gegenüber dem Nutzer mit erheblichem Haftungsrisiko

Der Hersteller eines Werkzeugs hat eine Instruktionspflicht gegenüber dem Nutzer, die er durch die Übergabe einer Gebrauchsanleitung erfüllen muss. Ergo ist diese ein Bestandteil des Werkzeugs, das die Verwendung, Wartung und/oder Instandhaltung desselben regelt, um den Schutz von Sicherheit und Gesundheit gemäß dem Wortlaut des Produktsicherheitsgesetzes (ProdSG) zu gewährleisten. De jure sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass eine fehlerhafte, unvollständige oder unverständliche Gebrauchsanleitung einen Sachmangel darstellen und somit zur Nacherfüllung, zum Rücktritt vom Kaufvertrag oder zur Kaufpreisminderung führen kann.

Im Rahmen der Produkthaftung kann eine fehlerhafte Gebrauchsanweisung bei Sach- oder Personenschäden zu einem erheblichen finanziellen Haftungsrisiko für den Inverkehrbringer des Produkts werden. Unter Berücksichtigung der zuvor genannten rechtlichen Aspekte wird deutlich, dass eine vollständige und gut aufbereitete Werkzeugdokumentation wie selbstverständlich zu einem Spritzgießwerkzeug gehören sollte.

Mini-Rechner am Spritzgießwerkzeug

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung von Produktionsprozess und -umgebung liegt es daher nahe, dass ein System, das nicht nur die Inhalte der gängigen Werkzeugbegleitmappe beinhaltet und digital umsetzt, auch zusätzliche funktionale Anforderungen erfüllen sollte. Vor allem die eigentliche Erstellung und Pflege des Werkzeuglogbuchs muss einfach und intuitiv sein. Ein weiteres Ziel ist, die Inhalte für den Nutzer verständlicher aufzubereiten und im Umgang sicherer zu gestalten.

Aus dieser Zielsetzung heraus ist ein Forschungsprojekt zwischen der Werkzeugbau Ruhla GmbH, Seebach, und der Hochschule Schmalkalden entstanden, das sich mit der „Implementierung von digitalen Speicherlösungen in Produktionswerkzeuge zu revisionssicheren Dokumentationszwecken“ (kurz: ImPro) auseinandersetzt. Die zuvor beschriebenen Anforderungen wurden in ein prototypisches „ImPro“-Hardware-Modul überführt (Bild 1). Im Rahmen des Projektes gelang es, eine angepasste Hardware mit Zusatzfunktionen für den Einsatz am Spritzgießwerkzeug zu entwickeln. Dieser Mini-Rechner ist speziell für den Einsatz bei höheren Temperaturen, wie sie für die Kunststoffverarbeitung typisch sind, mit einem robusten Gehäuse und Steckkontakten versehen.

Der Prototyp konnte im Rahmen des Forschungsprojekts auch unter pro- »

Bild 2. Startbildschirm der Bedieneroberfläche im Webbrowser mit Sprachauswahl, Kurzübersicht der Werkzeugdaten des Herstellers, Zugriffsmaske mit Passwortkontrolle und Kalenderübersicht. Über den abgebildeten QR-Code ist ein Video mit Kurzdarstellung der ImPro-Bedieneroberfläche erreichbar © Hochschule Schmalkalden / FG Eingebettete Diagnosesysteme



Zur Verfügung steht somit eine neuartige Möglichkeit zur dauerhaften manipulations- und revisionssicheren Speicherung der vollständigen technischen Dokumentation direkt im Spritzgießwerkzeug bei industriellen Einsatzbedingungen im Spritzgießbetrieb und unter Berücksichtigung verschiedener EDV-Kompetenzstufen der Anwender.

Videos mit Montage- oder Wartungshinweisen

Nutzer und Wartungspersonal benötigen ein gründliches Verständnis für den Aufbau des Werkzeugs, um es werkzeug- und fachgerecht bedienen und warten zu können. Wissensmängel – wenn die Dokumentation nicht vorhanden oder nicht sofort verfügbar ist – können zu einer nicht optimalen Handlungsabfolge bei der Bedienung und Wartung des Spritzgießwerkzeugs führen. Dadurch werden möglicherweise filigrane Strukturen des Werkzeugs irreparabel geschädigt oder es kann im schlimmsten Fall zu Produktionsausfällen kommen.

Neben der technischen Dokumentation können für den Nutzer weitere Dokumente bzw. Daten bereitgestellt werden, zum Beispiel Videos oder Animationen mit Montage- und/oder Wartungshinweisen. Im Fokus dieser Serviceoptionen stand die Verwirklichung des Mottos: „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte“, um unabhängig von verschiedenen Landessprachen einen Informationsfluss zu ermöglichen. Somit lassen sich zum Beispiel der interaktive Wartungsprozess und dessen Dokumentation durch Fotos und Videos visualisieren.

Eine exemplarische Ansicht der ImPro-Benutzeroberfläche zeigt den integrierten Wartungskalender, daneben einen Wartungseintrag mit einer angepassten Zeichnung der Kühlkanäle, sowie einen Protokollentwurf für Wartungen mit Checkliste (**Bild 3**). Zusätzlich zu diesen Informationen ist die Benutzeroberfläche in

duktionsnahen Bedingungen getestet werden. Die dort gespeicherten Daten können nicht, wie bei einem USB-Speicher, einfach abgerufen werden. Der Zugriff auf die Daten wird durch ein angepasstes Rollenmanagement mit Zugriffskontrolle reglementiert. Alle Informationen werden vor Manipulationen gesichert und automatisch revisionssicher am Werkzeug gespeichert. Somit kann der gesamte Lebenszyklus (Wartungsberichte, Fehlerprotokolle usw.) unabhängig von einer Netzwerk- oder Internetverbindung am Werkzeug abgerufen werden. Neben den technischen Spezifikationen wurden Aspekte wie Anwenderfreundlichkeit, optimierte Baugröße sowie die Umsetzung geringer Anschaffungskosten berücksichtigt.

Manipulationssicher im Werkzeug integrierte digitale Speicherlösung

Im Werkzeug integriert ist das digitale Werkzeuglogbuch, unabhängig von einer Spannungsversorgung, sofort einsatzbereit. Die Software des ImPro-Moduls arbeitet unabhängig von der jeweiligen PC-Plattform bzw. vom Endgerät des Nutzers (Windows, Linux, Mac). Die Hardware nutzt ein speziell angepasstes Linux-Betriebssystem (Kernel Linux impro 4.9.82-ti-r102, ImPro-OS), wobei folgende Aspekte berücksichtigt sind:

- Konfiguration der Hardwarekomponenten,
- eingebettetes Betriebssystem,
- Benutzeroberfläche,
- Emulation des Massenspeichers,
- Überwachung der Hardwarekomponenten (Sensorabfrage, Speicher),
- Überwachung/Schutz der Datenbasis (Manipulationsschutz, Revisionierung/Verschlüsselung, Backup-Strategie).

Die einzigen Voraussetzungen sind ein USB-Anschluss und ein Webbrowser (**Bild 2**) auf dem Endgerät. Manipulations- und revisionssichere Speicherung war ein wesentlicher Aspekt bei der Umsetzung des ImPro-Moduls. Sie dient sowohl dem Betreiber als auch dem Hersteller als Grundlage, zum Beispiel im Gewährleistungstreitfall. Diese Grundlage fehlt heute in der Praxis oft und führt in der Folge zu Verstimmungen in der Partnerschaft zwischen Werkzeugbau und Spritzgießverarbeiter.

Zu den Inhalten des ImPro-Moduls zählen unter anderem:

- ein Anschlussplan für die Temperierung des Werkzeugs,
- Angaben zum Heißkanalsystem,
- ein Produktionsablaufplan des Werkzeugs,
- Wartungspläne sowie -protokolle,
- Montage-Videos oder Montage- bzw. Demontagepläne.

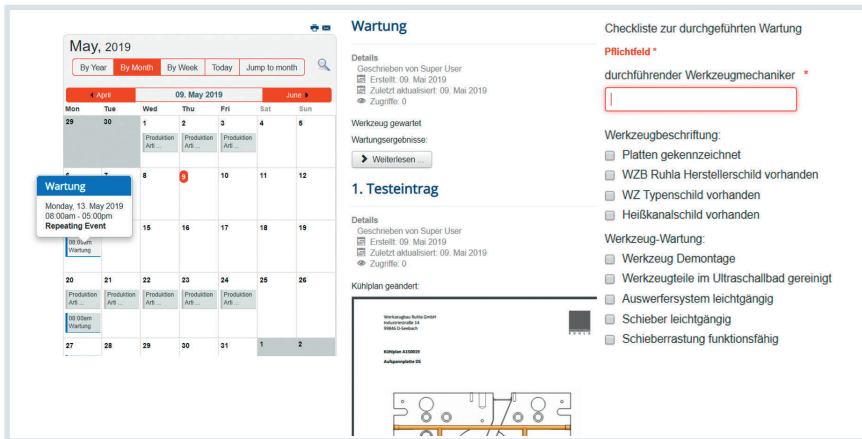


Bild 3. Benutzeroberfläche mit Darstellung des integrierten Wartungskalenders (links), Ergebnissen der Wartung mit beigefügtem PDF (Mitte) und Entwurf einer Checkliste für geplante Wartungen (rechts). Alle Inhalte können nur von berechtigten Personen gelesen oder erfasst werden

© Hochschule Schmalkalden / FG Eingebettete Diagnosesysteme

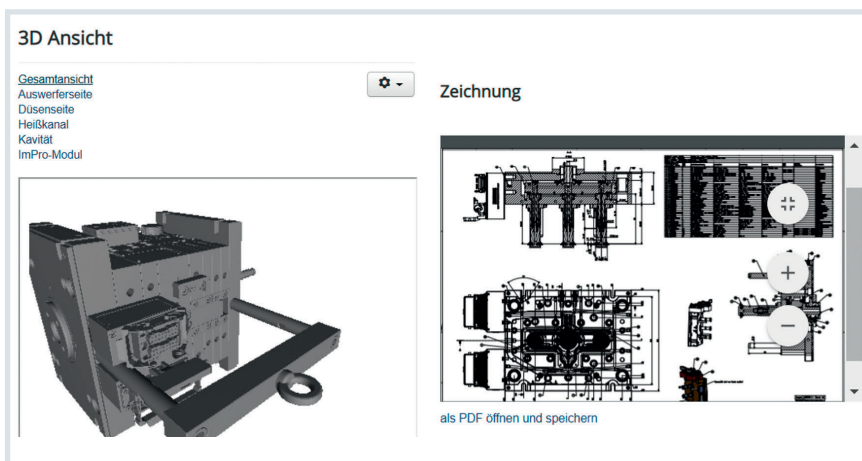


Bild 4. Darstellung von relevanten Werkzeugdaten in der Bedieneroberfläche, z. B. PDF, 3D-Daten, Wartungsprotokolle oder Montagevideos © Hochschule Schmalkalden / FG Eingebettete Diagnosesysteme

der Lage, auch 3D-Daten im STL-Format interaktiv darzustellen (**Bild 4**).

Automatische Aktualisierung bei Produkt- und Werkzeugänderungen

Ein weiteres interessantes Feature des ImPro-Moduls ist der integrierte 3-Achsen-Beschleunigungssensor, der es erlaubt, die g-Beschleunigungen in allen Raumrichtungen zu erfassen (**Bild 5**). Dies ermöglicht eine direkte Messung des Werkzeugzustands, zum Beispiel in Form eines nicht manipulierbaren indirekten Software-Zykluszählers oder zur Erfassung eines Werkzeug-Crashes während des Transports. Indirekt können so Maschinenzyklus, Störungen sowie eine unsachgemäße und unautorisierte Nutzung aufgezeichnet und gespeichert werden.

Links (**Bild 5**) ist die Werkzeuggeschwindigkeit (rote Kurve) dargestellt, die

über die Maschinensteuerung erfasst wurde, und rechts die mit dem ImPro-Modul berechnete Geschwindigkeit. Je nach Montagemöglichkeit kann das ImPro-Modul eine unabhängige Lagebestimmung in XYZ-Richtung zur Erdanziehung und eine Berechnung des Beschleunigungsvektors durchführen. Die Beschleunigungswerte lassen sich durch Integration in einen Geschwindigkeitsverlauf überführen. Durch eine nachgelagerte Filterung erhält man einen mit der maschinenseitigen Messung vergleichbaren Kurvenverlauf.

Die vollständige technische Dokumentation des Werkzeugs lässt sich erweitern durch eine Vielzahl von zusätzlichen Informationen, zum Beispiel einen detaillierten Anschlussplan für die Temperierung, präzise und umfangreiche Angaben zum Heißkanalsystem, einen Produktionsablaufplan des Werkzeugs, »

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Andreas Wenzel ist seit 2012 als Professor für Eingebettete Systeme und Technische Informatik an der Fakultät Elektrotechnik der Hochschule Schmalkalden tätig.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seul ist seit 2007 Inhaber der Professur für Fertigungstechnik und Werkzeugkonstruktion an der Fakultät Maschinenbau der Hochschule Schmalkalden; t.seul@hs-sm.de

Manuel Schneider (M. Sc.) ist seit 2013 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe „Eingebettete Diagnosesysteme“ bei Prof. Wenzel für die Bereiche Hardware- und Softwareentwicklung verantwortlich; m.schneider@hs-sm.de

Simon Rönnecke (M. Sc.) ist seit 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fakultät Elektrotechnik tätig und im Forschungsprojekt für die Bediener-schnittstelle verantwortlich.

Udo Köllner ist seit 2018 als Geschäftsführer bei der Werkzeugbau Ruhla GmbH, Seebach, tätig und gibt zielgerichtete Inputs aus der Wirtschaft für die erfolgreiche Umsetzung des Forschungsprojekts; u.koellner@werkzeugbau-ruhla.de

Andreas Gutterau ist als langjähriger Mitarbeiter und Teamleiter Projektierung bei Werkzeugbau Ruhla technischer Ansprechpartner für die Integration des ImPro-Moduls ins Spritzgießwerkzeug; a.gutterau@Werkzeugbau-Ruhla.de

Dank

Die dem Beitrag zugrundeliegenden Inhalte wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen eines ZIM-Forschungsprojekts (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) gefördert (FKZ: ZF 4403001HB7).

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-10

English Version

» Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

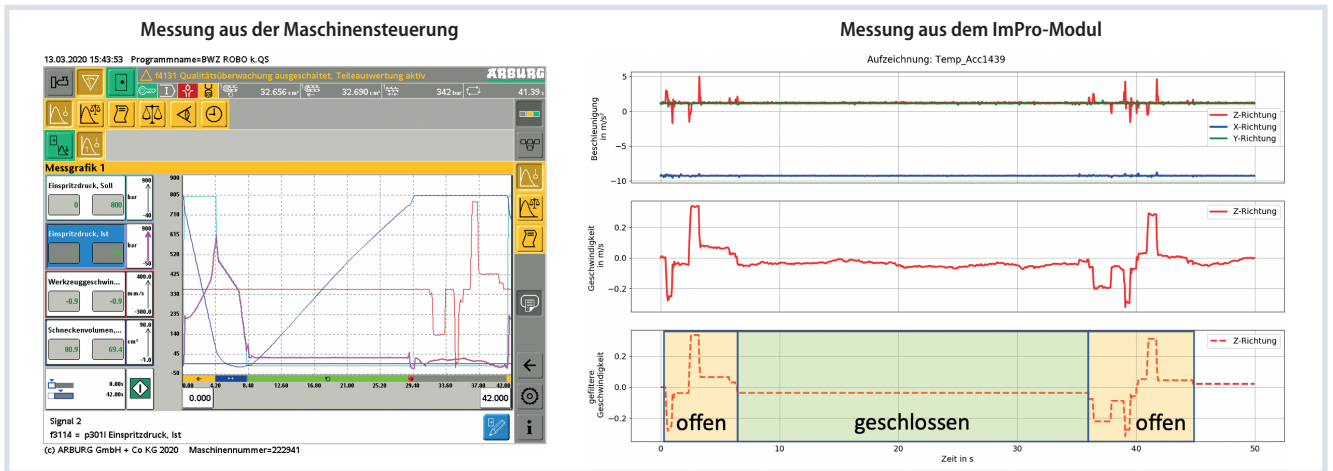


Bild 5. Vergleich der maschinenseitigen (links) und werkzeugseitigen (rechts) Zustandsüberwachung und Darstellung der Aufbereitung des integrierten 3-Achsen-Beschleunigungssignals, das als indirekter Software-Zykluszähler genutzt werden kann Quelle: Hochschule Schmalkalden; Grafik: © Hanser

Wartungspläne und -protokolle sowie entsprechend Montage- bzw. Demontagepläne und Transportvorgaben. Hilfreich ist sicherlich auch die Funktion, automatisch die Prozessdaten der letzten Maschinenzyklen mittels USB-Schnittstelle zu speichern.

Diese stehen dann maschinenunabhängig bei Wartung, Fehlersuche und Wiederinbetriebnahme direkt zur Verfügung. Das Suchen dringend benötigter Informationen in häufig zeitkritischen Situationen gehört der Vergangenheit an. Wie auch verloren gegangene, unvollständige oder nicht aktuelle Dokumentationen, die meist sehr hohe Kosten verursachen, sobald Änderungen, Reparaturen oder komplexe Wartungen nötig sind. Eine Aktualisierung aller Dokumente mit einsehbarer Historie bei Produkt- und Werkzeuganpassungen erfolgt in diesem Zusammenhang praktisch automatisch.

Integration ins Spritzgießwerkzeug

Das ImPro-Modul besteht aus zwei Hardwarekomponenten. Das Herzstück bildet eine 10 x 8,5 x 4,3 cm große Box mit drei Steckverbindern an der Seite und einer USB-A-Buchse auf der Oberseite (Bild 1). Die Spannungsversorgung kann, je nach Anwendungsfall, über drei Wege sichergestellt werden. Die erste Variante ist für den Betrieb am Spritzgießwerkzeug (Titelbild), hier wird ein externes 230-V-Netzteil verwendet. Wenn die Spritzgießmaschine in Betrieb ist, bootet das integrierte angepasste Linux-Betriebssystem.

Die zweite Möglichkeit der Versorgung kann über einen codiertes Zusatzkabel

zum Bediener-Modul der Spritzgießmaschine realisiert werden. Diese Verbindung dient zugleich zur Datenübertragung von der Maschine zum ImPro-Modul, das sich als USB-Speicher an der Maschinensteuerung anmeldet.

Die letzte Variante dient zur Versorgung im abgerüsteten Zustand, zum Beispiel im Lager oder während des Transports. In diesem Fall kann das Modul direkt über die USB-A-Schnittstelle versorgt werden. Das Powermanagement wird über einen integrierten Power-Path-Multiplexer gewährleistet und zusätzlich durch andere Sicherheitsmechanismen vor Überspannung geschützt.

Ein 1-GHz-Cortex-A8-AM335x-Prozessor haucht dem Modul Leben ein und ist für den betriebsbedingten Temperaturbereich zwischen 0°C und 85°C spezifiziert. Das Betriebssystem ist an IoT (Internet of Things) angepasst, verzichtet vollständig auf ein grafisches Benutzerinterface und kommt daher mit deutlich geringeren Ressourcen aus. Um den Betriebszustand auch ohne Display und PC erfassen zu können, wurde eine RGB-LED in das Modul integriert, die durch Farbwechsel Boot-Zustand oder Aktivität signalisiert. Durch eine zusätzliche Schnittstelle kann ein externer Endschaltkontakt oder induktiver Näherungssensor an das ImPro-Modul angeschlossen werden. Diese Funktionalität muss jedoch je nach Problemstellung vorkonfiguriert werden.

Das ImPro-Modul kann als elektronische Werkzeugdokumentation, Werkzeugbegleitbuch und intelligentes Werkzeugschild angesehen werden. Die dort

abgelegten Informationen können in Bild, Schrift, Ton oder als Video gespeichert werden. Die zugriffsgeschützte browserbasierte Benutzeroberfläche ist modular aufgebaut und zeigt auf der Startseite das zu fertigende Produkt (Bild 2). Eine Revisonierung der gespeicherten Daten verhindert den Verlust wichtiger Dokumente über die komplette Werkzeughistorie hinweg, die mit der nötigen Autorisierung zugänglich gemacht werden kann.

Fazit: Sinnvolle Daten bereitstellen und Sprachbarrieren überwinden

Das Durchführen einer fachgerechten Wartung und Handhabung wird unterstützt, indem die erforderliche Dokumentation zum einem permanent digital am Werkzeug verfügbar und zum anderen eine interaktive Abfolge der einzelnen Wartungsschritte abrufbar ist. Checklisten und Pläne werden zur Verfügung gestellt und können entsprechend „abgehakt“ werden. Hiermit soll eine optimale Werkzeugqualität während der gesamten Lebensdauer unterstützt werden. Die unterschiedlichen Dokumente können als PDF-, CAD-, Video- oder Bild-Formate im ImPro-Modul gespeichert werden.

Zum derzeitigen Entwicklungsstand der Hardware und einer validen Software kann der Projektpartner Werkzeugbau Ruhla in Abstimmung mit der Hochschule Schmalkalden komplexe Spritzgießwerkzeuge auf Kundenwunsch mit dem System ausstatten. Hierbei werden die spezifischen Inhalte der Werkzeugunilate durch ein vorgegebenes Software-Backend angepasst. ■