

BlueSAM:

## Von der Bohne zum Byte

### Wie eine Espressomaschine als Demonstrator für das Forschungsprojekt ‚BlueSAM‘ Smart wurde

Intelligente Produkte werden für produzierende Unternehmen immer mehr zum Bestandteil einer umfassenden Digitalisierungsstrategie. Der Grund liegt darin, dass die Anreicherung eines Produkts mit digitalen Technologien konkrete Mehrwerte für Produzent:in und Kund:in erzeugt, aus denen sich langfristig Wettbewerbsvorteile ergeben. Während große Konzerne diese Strategie bereits für sich realisieren, bedeutet die notwendige Interdisziplinarität aus fachlicher und digitaler Expertise jedoch eine Hürde für KMU, die ihre Digitalisierung mit geringeren Ressourcen verfolgen. Im EU-Forschungsprojekt ‚BlueSAM‘ hat das *FIR* mit dem belgischen Partner *Sirris* eine Methode erarbeitet, die Entwicklung Intelligenter Produkte nutzenorientiert auszurichten und sie architekturell vorzuarbeiten, um KMU einen vereinfachten Einstieg zu bereiten und initiale Aufwände zu reduzieren. Die nun über ein öffentlich verfügbares Webtool nutzbare BlueSAM-Methode hat das *FIR* dazu genutzt, ein eigenes Intelligentes Produkt als Demonstrator zu entwickeln: eine Espressomaschine, die gelernt hat, Personen bei der Espressozubereitung mit der Maschine zu unterstützen. Aus den Daten erkennt man etwa, wann der Espresso im Brauprozess die ideale Menge erreicht hat oder zu welchen Tageszeiten welche Sorten am beliebtesten sind. >



BlueSAM:

## From the Bean to the Byte

### How an Espresso Machine Became Smart as a Demonstrator for the 'BlueSAM' Research Project

Intelligent products are increasingly becoming part of manufacturing companies' comprehensive digitalization strategy. The reason is that enriching a product with digital technologies generates concrete added value for manufacturers and customers alike, which help to build long-term competitive advantages. While large corporations already have adopted this strategy, the interdisciplinary technical and digital expertise required for this is a hurdle for SMEs, which pursue their digital transformation with fewer resources. In the EU research project 'BlueSAM', *FIR* and its Belgian partner *Siris* have developed a benefit-focused method for the development of intelligent products, including preparation of an architectural basis, with the aim of providing SMEs with a simplified entry point and to reduce initial expenditure. *FIR* has applied the BlueSAM method, which can now be used via a publicly available web tool, to develop its own intelligent product as a demonstrator: an espresso machine that has learned to support people using it in the preparation of espresso. The data, for example reveal information about when the espresso has reached the ideal amount in the brewing process or which varieties are most popular at which time of day. >

**M**it dem Einzug der Digitalisierung in die produzierende Industrie ist nicht nur der verstärkte Einsatz von Informationstechnologien in der Produktion zu verzeichnen. Ebenso spiegelt sich der Trend in den Produkten selbst wider, die von Generation zu Generation digitaler und vernetzter werden<sup>1</sup>. Die Rede ist hier von sogenannten Intelligenten Produkten, die sich dadurch auszeichnen, dass neben dem physischen Nutzen eines Produkts, etwa einer Fertigungsmaschine, die Bleche bearbeitet, zusätzlich ein Nutzen aus den erfassten Daten realisiert wird. Diese Daten werden bei Intelligenten Produkten zum Beispiel dazu genutzt, den Kund:innen einen Mehrwertdienst anzubieten, etwa die Transparenz über den Zustand der Maschine, oder auf Herstellerseite mehr über das Produkt im Feld in Erfahrung zu bringen, um beispielsweise Produkte für die Kund:innen optimieren zu können.

Es gibt zahlreiche Optionen, wie Intelligente Produkte genutzt werden, jedoch ist allen gemein, dass ihr Angebot als klarer Wettbewerbsvorteil wahrgenommen wird<sup>2</sup>. Das Produkt ist in der Branche besser diversifizierbar und seine Weiterentwicklung kann präziser ausgerichtet werden. Neben den Vorteilen Intelligenter Produkte ist jedoch nicht von der Hand zu weisen, dass ihre Entwicklung kein Kinderspiel ist. Der Produzent als Experte seiner Branche muss für die Entwicklung Intelligenter Produkte zusätzlich über IT-Expertise verfügen, um Daten zu erfassen, zu verteilen und zu verarbeiten, um daraus Mehrwertdienste abzuleiten. Insbesondere ressourcenärmere KMU stehen vor der Herausforderung, diese Expertise aufzubauen, um einen solchen Vorteil für sich nutzen zu können<sup>3</sup>. Dieser Herausforderung haben sich die Projektpartner im Rahmen des Forschungsprojekts BlueSAM gestellt, das zum Sommer 2023 abgeschlossen wurde.

Der Projekttitle des EU-Projekts BlueSAM (IGF/Cornet 303EN) lautete „Blueprints for Smart Product Architecture Management“ und verriet bereits die Inhalte des Forschungsvorhabens. Um die IT-Architekturen zu gestalten und zu managen, die für die Entwicklungen und den Betrieb Intelligenter Produkte notwendig sind, wurden im Projekt Architektur-Blaupausen entwickelt. Diese basieren auf im deutschen und belgischen Konsortium erhobenen Anwendungsfällen für Intelligente Produkte und daraus abgeleiteten funktionalen Architekturelementen. Eine im Projekt entwickelte Methode zur individuellen Anwendung wurde in ein Webtool überführt, wo es zur freien Nutzung unter [bluesam-tool.fir.de](https://bluesam-tool.fir.de) bei der Entwicklung des eigenen Intelligenten Produkts dient. Dieses Webtool ist das zentrale Ergebnis des Forschungsprojekts.

<sup>1</sup> S. PETIT ET AL. 2021

<sup>2</sup> S. DAHLQVIST 2019

<sup>3</sup> S. ISSA 2017, S. 670 – 674

**T**he advent of digitalization in the manufacturing industry has not only led to the increased use of information technologies in production. Digitalization can also be seen in the products themselves, which are becoming more digital and connected from generation to generation<sup>1</sup>. These so-called Intelligent Products do not only provide their primary physical benefit, for example a production machine that processes sheet metal, but also an additional benefit, which is realized using the data collected. In the case of Intelligent Products, this data is used, for example, to offer customers a value-added service, for example to provide information on the state of the machine, or to find out more about the product in the field to allow the manufacturer to optimize the product for the customer.

Intelligent Products can be used in manifold ways, but they all have in common that what they can offer is perceived to provide a clear competitive advantage<sup>2</sup>. The product is more diversifiable in the industry, and its further development can be more precisely targeted. Thus, Intelligent Products offer distinct advantages, but it must be noted that their development is no child's play. For the development of Intelligent products, the manufacturer, as an expert in its sector, must additionally have IT expertise to collect, distribute and process data in order to derive value-added services from it. In particular, SMEs that are lacking in resources face the challenge of building up the expertise required to build such competitive advantages for themselves<sup>3</sup>. This challenge has been addressed by the project partners in the BlueSAM research project, which was completed in the summer of 2023.

The project title of the BlueSAM EU project (IGF/Cornet 303EN) was “Blueprints for Smart Product Architecture Management”, which already revealed the content of the research project. In order to design and manage the IT architectures required for the development and operation of intelligent products, architecture blueprints were developed as part of the project. These are based on use cases for intelligent products surveyed in the German and Belgian consortia and the functional architecture elements derived from them. A method for individual application developed in the project formed the basis of a web tool, which is available at [bluesam-tool.fir.de](https://bluesam-tool.fir.de) and which can be used without charge in the development of intelligent products. This web tool is the central result of the research project.

<sup>1</sup> cf. PETIT ET AL. 2021

<sup>2</sup> DAHLQVIST 2019

<sup>3</sup> ISSA 2017, S. 670 – 674

Die BlueSAM-Methode zielt darauf ab, die Hürde für den Einstieg in die Entwicklung Intelligenter Produkte möglichst gering zu halten, ohne dabei den eigentlich verfolgten Nutzen aus den Augen zu verlieren. Anstatt ausschließlich verfügbare Technologien zu fokussieren, werden im ersten Schritt zunächst die mit dem Produkt verfolgten Anwendungsfälle erfasst. Für den Fall, dass noch keine klare Vorstellung vom Endprodukt existiert, dient dieser Schritt dazu, sich mit den möglichen Anwendungsfällen vertraut zu machen und bei Bedarf neue Impulse für Ideen und Möglichkeiten zu gewinnen. Mit der Auswahl der verfolgten Anwendungsfälle enthält das Tool bereits sämtliche Informationen, um einen ersten Vorschlag für die Gestaltung einer Architektur zu unterbreiten: die Blaupause. Der Generierung liegen funktionale Anforderungen zugrunde, die durch ein An- und Abwählen in folgenden Schritten ein individualisiertes Resultat erzeugen (s. Figure 1).

Die generierte Blaupause umfasst verschiedene, im Folgenden kurz vorgestellte Sichten. Der *Functional View* dient der Übersicht über reine Funktionen, die in der IT-Architektur realisiert werden müssen. Die dargestellten funktionalen Elemente werden im Tool weiter beschrieben und sind zur Übersicht in entsprechende thematische Cluster eingeordnet. In dieser Sicht besteht direkt die Option, die unterliegenden funktionalen Anforderungen individuell zu filtern und die Blaupause anzupassen. Der *Task View* verortet die gleichen funktionalen Elemente in Aufgabenbereiche, in welchen solche Funktionen voraussichtlich umgesetzt werden müssen. Die Aufgabenberei-

The BlueSAM method aims to keep the hurdle to entry into the development of intelligent products as low as possible without losing sight of the benefits actually pursued. Instead of focusing exclusively on available technologies, the first step is to first identify the use cases pursued with the product. In the event that there is not yet a clear idea of the end product, this step serves to familiarize oneself with the possible use cases and, if necessary, gain inspiration for new ideas and opportunities. With the selection of use cases to be pursued, the tool already contains all information required to provide a first suggestion for the organization of an architecture: the blueprint. The blueprint is developed based on functional requirements, which generate an individualized result by selecting and deselecting them in the following steps ( see Figure 1).

The generated blueprint includes different views, briefly presented below. The *Functional View* is used to provide an overview of pure functions that must be realized in the IT architecture. The functional elements shown are further described in the tool and are arranged in corresponding thematic clusters in order to provide a good overview. In this view, the user can individually filter the underlying functional requirements and thus adapt the blueprint. The *Task View* locates the same functional elements within specific task areas, where the functions are expected to be implemented. The task areas break down by location (i. e., at the product itself, within the customer's edge, or at the manufacturer's backend) and by process (i. e., in

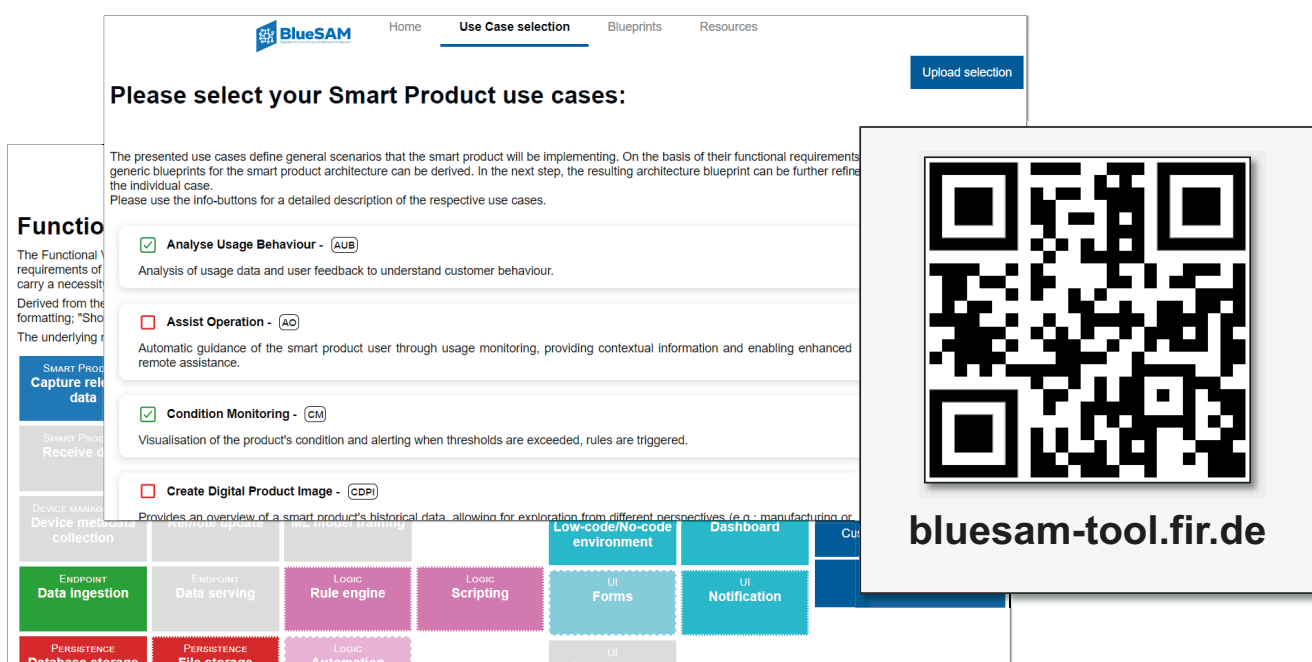


Figure 1: BlueSAM Webtool for the development of own Intelligent products (own representation)

che gliedern sich nach Standort (also am Produkt selbst, beim Kunden in der Edge oder im Backend des Herstellers) und nach Prozess (also bei Erhebung der Daten, bei Verarbeitung der Daten oder bei Umsetzung der daraus abgeleiteten Maßnahmen). Die Business-Model-Canvas präsentiert relevante Implikationen und Potenziale auf Basis der Anwendungsfälle für die geschäftlich relevanten Dimensionen des bekannten, gleichnamigen Modells. Der *Data View* zeigt relevante Datenpunkte auf, die für die Umsetzung der Anwendungsfälle möglicherweise in Betracht gezogen werden müssen. Diese Datenpunkte sind ferner Quellen zugeordnet, die zur Fragestellung des Transports dieser Daten zur Datenverarbeitung anregen. Zuletzt liefert der *Deployment View* eine Übersicht über mögliche technologische Lösungen, die zur Realisierung der Funktionen geeignet sind, und ergänzt diese um notwendige Qualifikationen und potenzielle Betriebsmodelle. Zur weiteren Information neben der Blaupause stellt das Tool Dokumente bereit, die u. a. einen Einblick in allgemeine Anforderungen einer solchen IT-Architektur und die Herangehensweise in der „Co-Entwicklung“ mit einem Partner liefern.

Mit Fertigstellung der BlueSAM-Methode lag der Anspruch von *FIR* und *Sirris* darin, die Methode durch Entwicklung eines eigenen Demonstrators zu validieren. Auf der Suche nach geeigneten Produkten wurde das Projektteam auf eine Espressomaschine aufmerksam, die vom Hersteller bereits mit einem vollständigen Sensorkpaket zur individuellen Optimierung des Brauprozesses ausgestattet war. Drei Faktoren prädestinierten die Maschine für das Projekt: Sie besitzt bereits einen Grundlevel an Digitalisierung, der zur Umsetzung der eigenen Anwendungsfälle nicht erst aufgerüstet werden muss. Die Maschine verkörpert durch den Siebträger-Brauprozess eine Analogie eines Fertigungsprozesses, in welchem Handwerk, Interaktion mit einer Maschine und digitale Steuerung ineinandergreifen. Und zuletzt liefert das attraktive Angebot eines Espressos auf Messen und Ausstellungen eine hervorragende Grundlage zur Verbreitung der Projektinhalte.

Die Entwicklung des Demonstrators startete gemäß Webtool mit der Auswahl geeigneter Anwendungsfälle. Mit dem Anwendungsfall *Assist Operation* werden Bediener der Maschine aktiv bei der Zubereitung des Espressos unterstützt. Im Gegensatz zu Vollautomaten ist die Bedienung einer Siebträgermaschine nicht trivial, sodass sich dieser Anwendungsfall hervorragend dazu eignet, auch Nicht-Espresso-Expert:innen zu einem wohlschmeckenden Espresso zu verhelfen. Der Anwendungsfall *Offer Data Analytics* behandelt die umfassende Bereitstellung von Daten an Endnutzende selbst und liefert im Falle der Espressomaschine Transparenz über den Brauprozess.

the data collection process, the data processing, or when actions derived from the data are implemented). The Business Model Canvas presents relevant implications and opportunities based on the use cases for all business-relevant dimensions of the well-known model of the same name. The *Data View* highlights relevant data points that may need to be considered for implementation of the use case. These data points are associated with sources that prompt the issue of transporting this data for data processing. Lastly, the *Deployment View* provides an overview of possible technological solutions suitable for realizing the functions and adds necessary qualifications and potential operational models. For further information in addition to the blueprint, the tool provides documents that, among other things, provide insight into general requirements of such an IT architecture and the approach in “co-development” with a partner.

After completion of the BlueSAM method, the *FIR* and *Sirris* sought to validate the method by developing their own demonstrator. In the search for suitable products, the project team became aware of an espresso machine equipped by the manufacturer with a complete sensor package for individual optimization of the brewing process. Three factors predestined the machine for the project: It is already sufficiently digitalized and does not need to be upgraded to implement its own use cases. With its portafilter brewing process, the machine works in analogy to a manufacturing process which integrates craftsmanship, interaction with a machine, and digital control. And last but not least, offering espresso at trade fairs and exhibitions provides an excellent basis for disseminating the content of the project.

Using the web tool, the development of the demonstrator started with the selection of suitable use cases. The *Assist Operation* use case actively supports machine operators in preparing espresso. In contrast to fully automatic machines, the operation of a portafilter machine is not trivial, so this use case is ideally suited to helping even non-espresso experts to make a delicious espresso. The *Offer Data Analytics* use case delivers comprehensive data to end users – in the case of the espresso machine, it provides transparency about the brewing process. Thus possible sources of error in the process such as non-optimal grinding fineness or uneven pressing of the powder are detected, helping to improve the brewing result. In the *Improve Product and Services* use case, which aims to continually improve the product, the project team put itself in the role of the manufacturer and set itself the goal of using process and usage data to improve the selection of espresso profiles and the operation of the machine.

Somit werden Fehlerquellen im Prozess wie ein falsch eingestellter Mahlgrad oder das ungleichmäßige Pressen des Pulvers erkannt, was in der Praxis das Brauergebnis verbessert. Im Falle *Improve Product and Services*, also der kontinuierlichen Verbesserung des Produkts, versetzt sich das Projektteam in die Rolle des Herstellers und setzte sich zum Ziel, anhand von Prozess- und Nutzungsdaten die Auswahl der Espresso-profile und die Bedienung der Maschine zu verbessern.

Die mit dem Webtool erhaltenen und durch Filtern der funktionalen Anforderungen verfeinerten Blaupausen dienten der finalen Entwicklung und Realisierung der zugrunde liegenden IT-Architektur. Dazu wurden die durch *Task View* vorstrukturierten funktionalen Elemente in funktionale Blöcke zusammengefasst und als digitale Services in einer eventgetriebenen Architektur implementiert. Im Resultat konnten so sämtliche Anforderungen der Anwendungsfälle erfolgreich realisiert werden. Die Nutzung der Maschine verläuft nun wie folgt: Die bedienende Person meldet sich an der Maschine mit ihrem NFC-Türschlüssel an und kann anschließend die Maschine über das Display bedienen. Darüber wählt sie aus den verschiedenen Espresso-Profilen, die von der Haus-Community erstellt und bewertet werden, das gewünschte aus, was automatisch als Prozessparameter in die Maschine geschrieben wird. Die Applikation erklärt daraufhin die notwendigen durchzuführenden Prozessschritte, wie das korrekte Abwiegen und Mahlen der Bohnen bzw. das Pressen des Kaffeemehls. Mit Start des Brauprozesses

The blueprints obtained using the web tool and refined by filtering the functional requirements were used for the final development and realization of the underlying IT architecture. For this purpose, the functional elements pre-structured by *Task View* were combined into functional blocks and implemented as digital services in an event-driven architecture. As a result, all requirements of the use cases could be successfully realized. The use of the machine now proceeds as follows: The person operating the machine logs in with their NFC key and can then operate the machine via the display. The operator then selects the desired espresso profile from the profiles created and evaluated by the home community, which automatically provides the machine with the right process parameters. The application then explains the necessary process steps to be carried out, such as the correct weighing and grinding of the beans or the pressing of the coffee grounds. When the brewing process starts, the live process data pressure, flow rate, and temperature are visualized, and the “Barista” service stops the process automatically as soon as the correct amount of espresso is indicated by the scales. After the brewing process, users can view the process data in a database to identify sources of error: If the pressure drops too rapidly, for example, the powder was not correctly pressed. Furthermore, an evaluation function of profiles, statistics on daily usage, and a wiki for learning the craft of espresso making are available. The finished machine and application sections are shown in Figure 2.

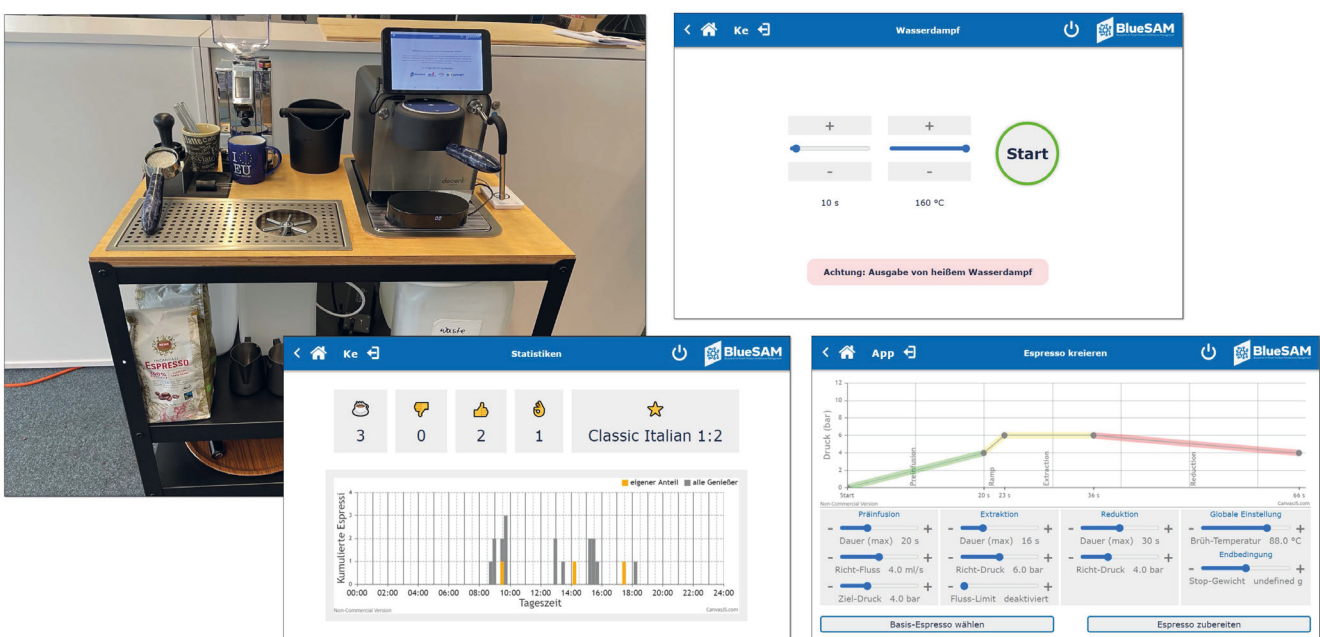


Figure 2: Digitized espresso machine as a demonstrator for smart products (own illustration)

werden nicht nur die Live-Prozessdaten Druck, Durchfluss und Temperatur visualisiert, sondern der „Barista“-Service stoppt den Prozess auch automatisch, sobald die korrekte Menge Espresso mithilfe der Waage erfasst wurde. Nach dem Brauprozess ist es den Nutzenden möglich, die in eine Datenbank übertragenen Prozessdaten zu studieren, um Fehlerquellen zu identifizieren: Fällt der Druck etwa zu rapide ab, wurde das Pulver nicht korrekt gepresst. Zudem stehen eine Bewertungsfunktion von Profilen, Statistiken über die Tagesnutzungen und ein Wiki zum Erlernen des Espresso-Handwerks zur Verfügung. Die fertige Maschine sowie Anwendungsabschnitte sind in Bild 2 (Figure 2, S. 57) dargestellt.

Mithilfe der BlueSAM-Methodik war es dem FIR möglich, die IT-Architektur zur Smartifizierung einer Espresso-Maschine zu konzeptionieren und erfolgreich umzusetzen. Sie dient nun als Demonstrator für Intelligente Produkte am FIR und kann dort besichtigt und genutzt werden. Die Methodik selbst ist über das Webtool frei verfügbar ([bluesam-tool.fir.de](https://bluesam-tool.fir.de)) und kann für die eigene Konzeption intelligenter Produkte genutzt werden.

ke · str

With the help of the BlueSAM methodology, FIR was able to conceptualize and successfully implement the IT architecture for the smartification of an espresso machine. It now serves as a demonstrator ([bluesam-tool.fir.de](https://bluesam-tool.fir.de)) for Intelligent Products at FIR and can be viewed and used on site. The methodology itself is freely available via the webtool and can be used for the conceptual design of intelligent products.

Literature:

PETIT, J.-P.; BROSSET, P.; BACRY, J.; BUVAT, J.; LANGE, U.; GUIGA, M.; NICKERSON, D.: Digital engineering. The new growth engine for discrete manufacturers. Paris, September 2021. [https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2021/09/Digital-Engineering-Report\\_Digital1.pdf](https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2021/09/Digital-Engineering-Report_Digital1.pdf) (Link zuletzt geprüft: 06.12.2023)

DAHLQVIST, F.; PATEL, M.; RAJKO, A.; SHULMAN, J.: Maturing underlying technologies will make Internet of Things technologies easier to implement and help companies and investors seize new opportunities. McKinsey online, 22.07.2019. <https://www.mckinsey.com/industries/private-equity-and-principal-investors/our-insights/growing-opportunities-in-the-internet-of-things#/> (Link ZULETZT GEPRÜFT: 31.10.2023)

ISSA, A.; LUCKE, D.; BAUERNHANSL, T.: Mobilizing SMEs Towards Industrie 4.0-enabled Smart Products. In: Procedia CIRP 63(2017), S. 670 – 674.



If you want to test the demonstrator or if you are interested in or need concrete support for the development of intelligent products, please get in touch with us.

**Project Title:** BlueSAM – Blueprints for Smart Product Architecture Management

**Funding/Promoters:** German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action;  
German Federation of Industrial Research Associations

**Funding no.:** 303 EN

**Research Partner:** 3win® Maschinenbau GmbH, izsolutions GmbH, Janz Tec AG, mimatic GmbH,  
NEAC Compressor Service GmbH & Co. KG, oculavis GmbH, Ph-MECHANIK GmbH & Co. KG,  
Siris, Zentis GmbH & Co. KG

**Website:** [bluesam.fir.de](https://bluesam.fir.de)



Sebastian Kremer, M.Sc.  
Project Manager  
Department Information Management  
FIR e. V. at RWTH Aachen University  
Phone: +49 241 47705-515  
Email: [Sebastian.Kremer@fir.rwth-aachen.de](mailto:Sebastian.Kremer@fir.rwth-aachen.de)

Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag