

ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

**MOPS – Mobile Unterstützung eines prozessorientierten Stoffstrommanagements in
KMU**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 32176/01 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Jan Hedemann & Prof. Dr. Volker Wohlgemuth

Februar 2017

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	32176/ 01	Referat	21/0	Fördersumme	122.430 €
----	----------------------	---------	-------------	-------------	------------------

Antragstitel

MOPS – Mobile Unterstützung eines prozessorientierten Stoffstrommanagements in KMU

Stichworte

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
18 Monate	01.09.2015	28.02.2017	

Zwischenberichte: alle 6 Monate Kurzbericht

Bewilligungsempfänger

Ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH

Tel

Fax

Projektleitung

Jan Hedemann

Bearbeiter

Kooperationspartner

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

PIUS-Netzwerk-Deutschland

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Ressourceneffizienz ist in vielen kleinen und mittleren Unternehmen immer noch auf den Austausch von Leuchtmitteln und vergleichbare Maßnahmen limitiert. Die meisten Potentiale bleiben ungenutzt, weil oft Informationen fehlen und kaum Transparenz über die Produktionssysteme und technischen Gebäudeausstattung besteht. Im Rahmen des Projekts MOPS soll hierzu ein Werkzeug zur mobilen Erfassung und Visualisierung von Stoffströmen in Unternehmen entwickelt werden. Das Projekt soll damit einen Beitrag leisten, Ressourceneffizienzfragestellungen ortsunabhängig bearbeiten zu können und damit das betriebliche Umweltmanagement in seinen Aufgaben unterstützen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Ziel des hier skizzierten Vorhabens ist die Auflösung der bestehenden Einstiegshürden und der fehlenden mobilen Datenerfassung und Visualisierung in Zusammenhang mit Ressourceneffizienzfragestellungen. Deshalb soll ein weiterentwickeltes Konzept zur Datenerfassung und -darstellung von Stoffströmen ausgearbeitet und implementiert werden. Dadurch sollen KMU zukünftig in die Lage versetzt werden, ihre Produktionsprozesse strukturiert zu erfassen und somit betriebliches Stoffstrommanagement umzusetzen.

Die mobile Datenerfassung soll nach der MSM- und der eVSM-Methodik, bzw. einer Mischform (Material Value Stream Mapping, MVSM), umgesetzt werden. Das bedeutet, dass eine mobile Anwendung entwickelt wird, die zu einer Anzahl von Produktionsprozessen Eingabeformulare für die Input- und Output-Daten generiert, welche mit den vorangegangenen und nachfolgenden Produktionsprozessen gekoppelt sind. Durch die Erhebung der Input- und Outputmengen der Produktionsprozesse werden alle Eingabeformulare schrittweise gefüllt und es entsteht die Datengrundlage für das betriebliche Stoffstrommanagement.

Ergebnisse und Diskussion

Zur Kommunikation komplexer Sachverhalte in Produktionssystemen haben sich sog. Sankey-Diagramme bewährt. Dabei handelt es sich um eine grafische Darstellung von beliebigen Flüssen als Pfeile, deren Breite proportional zur Flussmenge dargestellt wird. Mit der von der ifu Hamburg entwickelten Desktop-Anwendung e!Sankey existiert bereits ein Werkzeug zur Visualisierung von Stoffströmen mittels Sankey-Diagramme. Als Ergebnis zum Projekt MOPS soll ein mobiles Pendant entstehen, welches die Vorteile des Mobile-Computing zur komfortablen Datenaufnahme und deren ortsunabhängige Darstellung als Sankey-Diagramm mit denen einer Desktopanwendung vereint.

Die mobile Erfassung soll durch komfortable Funktionen zum Messen der Stoffströme ergänzt werden. Eine Stoppuhr wird die Messung der Zeitintervalle in der Fertigung ermöglichen. Ein integrierter Klick-Zähler soll zur Messung von Mengen zum Einsatz kommen. Angedacht ist außerdem die Einbindung von Waagen über die Bluetooth-Schnittstelle der mobilen Endgeräte, um Gewichte in den Produktionsprozessen vor Ort bestimmen zu können. Weitere Möglichkeiten zur Erkennung und Ablesung von Anlagen bei Rundgängen bieten RFID-Chips, QR- sowie Barcodes. Eine weitere Funktion wird die Einbindung der mobilen Kamera zur Anreicherung von Sankey-Modellen mit Fotos von Anlagen und Typenschildern darstellen.

Somit entsteht ein plattformübergreifendes Erfassungs- und Darstellungssystem von Stoffstromdaten mittels Sankey-Diagrammen, das bisher nicht vorhanden ist. Es macht die Vorteile der Funktionen der klassischen Desktopanwendung e!Sankey und von mobilen Diensten für einen vereinfachten Zugang zu Ressourceneffizienzpotentialen nutzbar und soll gleichzeitig durch den Einsatz mobiler Technologien ein interaktives, spielerisches Herantasten an die komplexe Datenaufnahme ermöglichen und somit die bisherigen Einstiegshürden senken. Die Anwendung soll so umgesetzt werden, dass die Nutzer angespornt werden, die Stoffstromdaten zu sammeln. Durch den Spaß an der mobilen Anwendung und die schnell sichtbaren Erfolge und Erkenntnisse soll das Interesse am Stoffstrommanagement gesteigert werden. Zu erfassende Daten für die Darstellung der Energie- und Ressourcenflüsse sind z.B. Betriebszustände von Maschinen, Flussmengen, Stoffkonzentrationen, Stoffeigenschaften und Bestände.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Projektergebnisse werden im Rahmen eines Workshops in Kooperation mit dem PIUS-Netzwerk einer breiten Öffentlichkeit präsentiert. Der Workshop könnte bundesweit mit Fachpartnern des PIUS-Netzwerks mehrfach ausgerichtet werden. Dabei sollen vor allem praktische Anwendungsbeispiele der Prozessaufnahme und die Vorteile des laufenden Einsatzes der Softwareprodukte in den Vordergrund gestellt werden.

Fazit

Der Vorteil der mobilen Erfassung von Mengenflüssen an einer Produktionsanlage besteht darin, dass Ineffizienzen und Einsparpotenziale vor Ort oftmals besser erkannt und analysiert werden können, als an einem festen Arbeitsplatz, da das Know-How vor Ort effizient abgefragt werden kann. Dadurch wird der bisherige Aufwand zur Erfassung der Prozessdaten zukünftig reduziert. Auch wird die Relevanz der Daten, durch die generelle Verfügbarkeit der Prozessdaten unabhängig vom Arbeitsstandort, bei der Einbindung in den Managementprozess erhöht, wodurch die Entscheidungsfindung aus ökologischer und ökonomischer Hinsicht in einer innovativen Weise unterstützt wird.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Glossar	7
Zusammenfassung	9
1 Einleitung	10
1.1 Motivation	10
1.2 Zielsetzung.....	11
2 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	12
3 Erzielte Ergebnisse der einzelnen Arbeitsphasen	18
3.1 Projektergebnisse.....	18
3.1.1 Recherche und Analysephase.....	18
3.1.2 Technologieevaluation	19
3.1.3 Softwarearchitektur	20
3.1.4 Software	21
3.2 Ökologische, ökonomische und technologische Bewertung.....	28
3.3 Kooperationen	29
3.4 Publikationen.....	30
4 Fazit.....	30
Literaturverzeichnis	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Architektur der Anwendung (schematische Darstellung)	21
Abbildung 2: Screenshot des Startbildschirms mit Optionsauswahl	22
Abbildung 3: Screenshot Prozessbearbeitung	23
Abbildung 4: Screenshot Inline-Erstellung von Einträgen	24
Abbildung 5: Screenshot Erfassung von Inputs.....	25
Abbildung 6: Screenshot Live-Suche erfasst Einträge	26
Abbildung 7: Screenshot Übersicht aller Prozesse	27
Abbildung 8: Screenshot Speichern-Dialog.....	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Projektplan MOPS	13
-----------------------------------	----

Glossar

API (Application Programming Interface): Eine Software mit API kann ihre Funktionalität anderer Software anbieten. Damit können die Funktionen auch von anderen Programmierern benutzt werden.

Architektur: siehe Softwarearchitektur.

Bitbucket: Ist ein kostenloser webbasierter Filehosting-Dienst für Software-Entwicklungsprojekte. Unterstützt wird u.a. das Versionsverwaltungssystem Git.

Codeship: Ist ein kostenloser webbasierter Server für continuous integration.

Continuous integration: Bezeichnet den Prozess des fortlaufenden Zusammenfügens von Komponenten zu einer Anwendung mit dem Ziel der Steigerung der Softwarequalität.

D3.js: Ist eine kostenlose Open-Source JavaScript Grafikbibliothek, welche Kontrollelement zur Erstellung von Diagrammen in Web-Applikationen bereitstellt.

DOM (Document Object Model): Beschreibt die Schnittstelle zwischen HTML und Javascript mit der alle Elemente eines Dokuments als Objekte dynamisch aufgerufen, verändert, hinzugefügt und gelöscht werden können.

Framework: siehe Softwarerahmenwerk.

Git: Eine freie Software zur verteilten Versionsverwaltung von Dateien

GoJS: Ist eine kommerzielle JavaScript Grafikbibliothek der Firma Northwoods Software und stellt Kontrollelemente zur Erstellung von Diagrammen in Web-Applikationen bereit.

GoXam: Ist eine kommerzielle auf dem .NET-Framework basierende Grafikbibliothek der Firma Northwoods Software und stellt Kontrollelement zur Erstellung von Diagrammen in WPF und Silverlight-Anwendungen bereit.

IDE (Integrated Development Environment): Das wichtigste Werkzeug für Softwareentwickler ist ihre integrierte Entwicklungsumgebung. Hiermit kann Software geschrieben und in ausführbaren Code übersetzt werden.

Ionic: Ist ein Open-Source-Framework zur Erstellung hybrider Apps auf Basis von HTML5, CSS und JavaScript. Ionic baut auf den Framework Angular und Apache Cordova auf.

Komponente: Ein nach bestimmten, meist funktionalen Kriterien abgegrenzter Teil einer Software.

Material Stream Mapping (MSM): MSM ist ein Instrument der Stoffstromanalyse, mit welchem schnell und einfach geprüft werden kann, welche Effizienz-Potenziale entlang einer Prozesskette vorhanden sind. Anders jedoch als bei dem Verfahren des Value Stream Mapping, welches sich auf den Fluss von Informationen und Material konzentriert, wird hierbei der Material- und Energieverbrauch betrachtet.

Open-Source: Software, für deren Quellcode frei verfügbar ist und die meist kostenlos erhältlich ist. Da der Quellcode jedem zugänglich ist, kann die Software von jedem genutzt und verändert werden.

Persistenz: Etwas mit dauerhafter Beschaffenheit oder Beharrlichkeit, im IT Kontext meist die langfristige Speicherung von Daten.

PhoneGap: Ist ein Framework zur Erstellung hybrider Apps auf Basis von HTML5, CSS und JavaScript. PhoneGap basiert auf Apache Cordova.

QR-Code: ist ein zweidimensionaler „Barcode“, welcher große Datenmengen codieren kann und eine robuste Lesbarkeit aufweist.

Quellcode: Bei der Entwicklung von Programmen schreibt der Programmierer Quellcode in einer Programmiersprache. Dieser wird dann in ein ausführbares Programm übersetzt. Um eine Software ändern zu können, ist der Quellcode notwendig.

Rahmenwerk: siehe Softwarerahmenwerk.

Sankey-Diagramm: Ist eine graphische Darstellung von Mengenflüssen. Die Menge wird durch mengenproportional dicke Pfeile dargestellt. Besonders im Umgang mit Ressourcen hat sich diese Visualisierung etabliert.

Softwarearchitektur: Die Softwarearchitektur umfasst die Konstruktionsweise und -prinzipien einer Software. Von Softwarearchitektur spricht man erst ab einem höheren Abstraktionslevel. Ähnlich ist es im Baugewerbe: eine Architektur beschreibt nicht, wie jeder Stein auf den anderen gelegt wird.

Softwarerahmenwerk: Ein Rahmenwerk stellt eine Umgebung bereit, in der der Programmierer seine Anwendung erstellt. Es ist aber selbst noch kein Programm. Ihm fehlt die Fachrichtung, also welches Problem die Anwendung genau lösen soll. Es gibt in der Regel die Anwendungsarchitektur vor. Dabei findet eine Umkehrung der Steuerung statt: Der Programmierer registriert konkrete Implementierungen, die dann durch das Rahmenwerk gesteuert und benutzt werden, statt – wie bei einer Klassenbibliothek – lediglich Klassen und Funktionen aus dem Programmiercode heraus zu benutzen.

Stoffstrommanagement (SSM): Stoffstrommanagement ist die konsequente, systematische Umsetzung des Leitbildes des „Sustainable Development“. Das Kernstück des Stoffstrommanagements bildet dabei die Stoffstromanalyse. Diese detaillierte Betrachtungsweise erlaubt eine tiefer gehende Schwachstellenanalyse und Möglichkeiten zur Identifikation von Maßnahmen zur Verminderung von betrieblichen Umwelteinwirkungen. Stoff- und Energieströme in einem System systematisch auf ökonomische, ökologische oder andere Ziele hin untersucht.

Trello: Ist eine kostenlose webbasierte Projektmanagementsoftware. Auf sogenannten Boards ist es möglich gemeinsam mit anderen Mitgliedern Listen zu erstellen, welche mit Checklisten, Anhängen und einem festgelegten Termin versehen werden. Trello ist weniger geeignet für komplexe Projekte, sondern findet im kleinen Rahmen und bei flexiblen Projekten als optimales Tool seine Nische.

UI (User Interface): Die Bedienoberfläche ist die Stelle oder Handlung, mit der Befehle und Daten in den Computer eingegeben werden.

Value Stream Mapping (VSM): Das Value Stream Mapping (deutsch: Wertstromanalyse, abgekürzt VSM) ist ein von der Firma Toyota im Rahmen der „lean production“ entwickeltes Verfahren zur Stoffstromanalyse. Die Datenaufnahme der Wertströme erfolgt hierbei nach festgelegten Prinzipien vom Endprodukt hin zum Lieferanten.

Xamarin: Ist ein Framework zur plattformübergreifenden Entwicklung native Apps auf Basis des .NET-Framework. Mit Hilfe von Xamarin können Entwickler iOS-, Android- und Windows-Apps mit der .NET-Programmiersprache C# entwickelt werden.

XML: Die Extensible Markup Language (kurz XML) ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form von Textdateien. Daneben wird XML auch für den plattform- und implementationsunabhängigen Austausch von Daten zwischen Computersystemen eingesetzt, insbesondere über das Internet.

Zusammenfassung

Ressourceneffizienz ist in vielen kleinen und mittleren Unternehmen immer noch auf den Austausch von Leuchtmitteln und vergleichbare Maßnahmen limitiert. Die meisten Potentiale bleiben ungenutzt, weil oft Informationen fehlen und kaum Transparenz über die Produktionssysteme und technischen Gebäudeausstattung besteht. Im Rahmen des Forschungsprojekts MOPS wurde hierzu ein Werkzeug zur mobilen Erfassung und Visualisierung von Stoffströmen in Unternehmen entwickelt. Das Projekt soll damit einen Beitrag leisten, Ressourceneffizienzfragestellungen ortsunabhängig bearbeiten zu können und damit das betriebliche Umweltmanagement in seinen Aufgaben unterstützen. Neben dem entwickelten Anwendungskonzept existiert bereits seit längerem mit dem vom Antragsteller entwickelten e!Sankey ein Baustein zur Visualisierung, der aber ausschließlich als sog. Desktop-Anwendung existiert. Zentrale Idee ist die Kombination aus flexibler Datenerfassung, Validierung und Visualisierung vor Ort mit der Weiterverarbeitungsmöglichkeit auf dem Arbeitsplatzrechner in anspruchsvolleren Werkzeugen. Dabei soll die Anwendung Spaß machen und zur Weiterführung der Analyse und zur Umsetzung von Maßnahmen motivieren. Durch die konsequente Verknüpfung von Erfassung und Visualisierung werden das Systemverständnis erhöht und weitere Potentiale aufgedeckt.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Wenn es um umweltschutzbezogene Zukunftsbilder für die entwickelten Industriegesellschaften geht, prägt seit über einem Jahrzehnt vor allem ein Begriff die Diskussion: Sustainable Development. Als eine Methode der konsequenten Umsetzung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung in der betrieblichen Praxis hat sich das Stoffstrommanagement durchgesetzt, welches Methoden zur Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz bereithält. Eine Möglichkeit, um die Materialeffizienz zu erhöhen, also die Summe des Inputs im Vergleich zum Output zu verringern, ist neben anderen die Optimierung von Produktionsprozessen [BW09]. Auch in der politischen Ausrichtung der Bundesrepublik Deutschland (Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II) ist das Ziel einer ressourcenschonenderen Produktion in den kommenden Jahren als Handlungsfeld verankert [BU16]. Um die Potentiale zur Steigerung der betrieblichen Material- und Ressourceneffizienz in einem Unternehmen zu nutzen, ist es erforderlich, einen Betrieb individuell zu analysieren und daraus unternehmensspezifische Maßnahmen zur Effizienzsteigerung abzuleiten und damit das Stoffstrommanagement im Unternehmen zu verankern. In einem ersten Schritt müssen hierzu Daten über relevante Input- und Outputströme der Produktionsprozesse gesammelt und erfasst werden. Dazu gehören Daten über entsprechende Mengenströme von Roh-, Hilfs- oder Betriebsstoffen und der Bedarf von thermischer oder elektrischer Energie auf der Inputseite der Produktionsprozesse, sowie gewünschter Güter (Produkte) bzw. unerwünschter Güter (Abwasser, Abfälle, Emissionen etc.) auf der Outputseite. Ziel hierbei ist das Zerlegen des Gesamtunternehmens in Prozesse und die verursachungsgerechte Zuordnung der Stoff- und Energieströme zu den Prozessen der Wertschöpfung innerhalb des Betriebes. Durch die Erhebung von Stoff- und Energieflussdaten im Betrieb ändert sich die Betrachtungsweise von einer „Black-Box“ hin zu einer durchschaubaren „White-Box“. Dadurch werden eine größere Transparenz und ein besseres Verständnis über die unternehmerischen Produktionssysteme erlangt [HB02]. Durch die ganzheitliche Betrachtung ist das Stoffstrommanagement daher ideal geeignet, stoffliche und energetische Optimierungspotentiale aufzudecken und umzusetzen und damit gleichzeitig ökonomische Verbesserungen zu erzielen, insbesondere unter Beachtung der aktuell hohen Rohstoff- und Energiekosten [Cr11].

Praktisch genutzte Methoden zur prozessorientierten Unterstützung der Datenerfassung des Stoffstrommanagements sind die Material Stream Mapping (MSM) [Re10] und die Environmental Value Stream Mapping (eVSM)-Methode [EP09]. Beide sehen eine systematische Erfassung von Stoff- und Energieströmen vor, werden aber bisher vornehmlich mit Papier und Bleistift durchgeführt oder aus Betriebsdatenerfassungssystemen gespeist, die bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) häufig nicht vorhanden sind [Wo10]. Die Prozess- und Datenaufnahme ist komplex, verlangt methodisches Wissen, ist durch den hohen Zeitaufwand und Datenbedarf kostenintensiv und stellt somit eine hohe Einstiegshürde für KMU dar [BB00]. KMU bieten aufgrund ihrer Anzahl insgesamt jedoch ein bedeutendes Potential zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Deutschland [VD11]. Neben der fehlenden Transparenz über die Stoffströme ist ein weiteres Problem, dass Stoffstromdaten normalerweise nicht als solche bzw. nicht zentral gesammelt vorliegen.

Praktische Ressourceneffizienz erfordert Maßnahmen und damit Entscheidungen für diese Maßnahmen. Voraussetzung dafür ist das Erkennen und Quantifizieren von Verbesserungspotentialen und die Kommunikation dieser Potentiale an die Entscheidungsträger. Für die Kommunikation komplexer Sachverhalte in Produktionssystemen haben sich Sankey-Diagramme bewährt [Le96]. Sie können Material- und Energieströme im bestehenden Produktionssystem und die Auswirkung von Maßnahmen proportional visualisieren. Sie eignen sich auch besonders zur Kommunikation von Umweltwirkungen und Kosten in solchen Systemen [Ha12].

Zentrale Aktivitäten zur Ressourceneffizienzsteigerung in Unternehmen werden vor allem durch Effizienzleitfäden und Handlungsrichtlinien umgesetzt, da es bisher keine Lösungen

gibt, die KMU hinsichtlich Fragestellungen zur Ressourceneffizienz in geeigneter Weise unterstützen. Nach Erfahrungen aller Projektbeteiligten setzen solche Effizienzanalysen außerdem eine aufwändige individuelle Beratung voraus. Bestehende Softwarelösungen zu dieser Thematik, wie z.B. Umberto oder GaBi, sind für kleinere Unternehmen nicht besonders geeignet. Sie setzen Expertenwissen voraus, das in KMU oft nicht vorhanden ist. Die bisher vorliegenden Softwarelösungen zur Stoffstromerfassung und -modellierung (SSM) unterstützen weder eine dezentrale Datenerfassung noch eine effiziente Darstellung von erfassten Daten und Modellen vor Ort in den Produktionsbereichen. Damit fehlt es an unterstützenden Softwarelösungen für eine mobile Datenaufnahme dort, wo die Stoff- und Energieströme anfallen. Außerdem fehlt es an effektiven Lösungen zur Darstellung der Mengenströme bei Rundgängen in den Produktionsbereichen, um vor Ort die Entwicklung von Prozessoptimierungen zu unterstützen.

1.2 Zielsetzung

Ziel des Forschungsprojekts MOPS war es der Frage nachzugehen, inwieweit die Interaktionsmöglichkeiten mobiler Apps bei der Datenerfassung hilfreich sein können oder an welchen Stellen eventuell Grenzen sichtbar werden. Ein weiterer Gegenstand der Untersuchung war die Evaluierung der technologischen Möglichkeiten zur Darstellung von Sankey-Diagrammen in mobilen Anwendungen. Des Weiteren war Ziel die Auflösung der bestehenden Einstiegshürden und der fehlenden mobilen Datenerfassung und Visualisierung in Zusammenhang mit Ressourceneffizienzfragestellungen. Deshalb wurde ein weiterentwickeltes Konzept zur Datenerfassung und -darstellung von Stoffströmen ausgearbeitet und implementiert. Dadurch sollen KMU zukünftig in die Lage versetzt werden, ihre Produktionsprozesse strukturiert zu erfassen und somit betriebliches Stoffstrommanagement umzusetzen.

Die mobile Datenerfassung wurde nach der MSM- und der eVSM-Methodik, bzw. einer Mischform (Material Value Stream Mapping, MVSM), umgesetzt. Das bedeutet, dass die Anwendung zu einer bestimmten Anzahl von Produktionsprozessen Eingabeformulare für die Input- und Output-Daten generiert, welche mit den vorangegangenen und nachfolgenden Produktionsprozessen gekoppelt sind (vgl. [Pe10]). Durch die Erhebung der Input- und Outputmengen der Produktionsprozesse werden alle Eingabeformulare schrittweise gefüllt und es entsteht die Datengrundlage für das betriebliche Stoffstrommanagement. Diese Erhebung muss nicht in einem einzelnen Durchlauf erfolgen, sondern kann unterbrochen und später fortgesetzt werden, wenn einzelne Daten noch ermittelt werden müssen. Die Eingaben können während der Aufnahme einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden. Eingegebene Daten die nicht dem erwarteten Eingabemuster entsprechen werden somit vermieden, was die Datenqualität erhöht. Die mobile Erfassung stellt somit insbesondere für KMU eine Vereinfachung dar, für die die Datenerfassung bisher häufig zu komplex ist.

Der Einsatz mobiler Technologien ermöglicht ein interaktives, spielerisches Herantasten an die komplexe Datenaufnahme und senkt somit die bisherigen Einstiegshürden. Die Anwendung ist so umgesetzt, dass die Nutzer angespornt werden, die Stoffstromdaten zu sammeln. Durch den Spaß an der mobilen Anwendung und die schnell sichtbaren Erfolge und Erkenntnisse soll das Interesse am Stoffstrommanagement gesteigert werden. Zu erfassende Daten für die Darstellung der Energie- und Ressourcenflüsse sind z.B. Betriebszustände von Maschinen, Flussmengen, Stoffkonzentrationen, Stoffeigenschaften und Bestände.

Die bestehende e!Sankey-Anwendung erhielt ein mobiles Pendant incl. Datenaustauschformat. Die Erfassung der Prozessdaten kann je nach Verfügbarkeit entweder mobil oder zentral über die Desktopanwendung erfolgen. Somit kommen die Synergien aus der bestehenden Desktopanwendung und den Vorteilen des Mobile-Computings zum Tragen. Folgende Erfassungsszenarien werden dabei vornehmlich unterstützt:

1. Die mobile Anwendung wird genutzt, um eine Stoffstromanalyse zu erstellen. Die Darstellung erfolgt mittels Sankey-Diagrammen. Hierbei sollten generische Prozessmodelle zum Einsatz kommen (sog. Templates). Dadurch können die Nutzer der mobilen Komponente sich hauptsächlich auf die Datenerfassung konzentrieren

und müssen weniger Aufwand für die Gestaltung des Prozessmodells aufbringen. Das mobil erstellte Diagramm kann anschließend mit der bestehenden e!Sankey-Anwendung der ifu Hamburg GmbH weiter bearbeitet werden.

2. Eine bestehende Stoffstromerfassung in Form eines Sankey-Diagramms liegt bereits vor. Die Daten sind jedoch noch unvollständig oder ungenau. Die mobile Anwendung wird verwendet, um die nicht vorliegenden Daten vor Ort zu sammeln bzw. zu präzisieren. Die Umsetzung einer Rundgangliste mit Notizen zu den geplanten Ablesungen kann den Mitarbeiter in seiner mobilen Tätigkeit zusätzlich unterstützen.
3. Ein bestehendes Modell wird mit Hilfe der mobilen Anwendung auf Korrektheit überprüft (Datenvalidierung) oder die darin enthaltenen Daten werden aktualisiert.

2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Der in der unteren Grafik dargestellte Projektplan zeigt die verschiedenen Arbeitsphasen mit entsprechend zeitlichen Aufwand. In einer kurzen Beschreibung werden die durchgeführten Tätigkeiten und Vorgehensweisen umrissen sowie Aussagen zu eventuellen Abweichungen der Planung getätigt. Die Ergebnisse der Phasen werden in Kapitel 3 detailliert beschrieben.

Arbeitspaket	Laufzeit 01.09.2015 bis 28.02.2017							
	1. Projektjahr				2. Projektjahr			
	1	2	3	4	1	2		
AP1: Projektmanagement, Projektmeetings								
AP2: Grundlagen								
AP2.1: Auswahl SW-Umgebung								
AP2.2: Entwurf der Architektur des Gesamtsystems								
AP2.3: Einrichtung einer Infrastruktur zur gemeinsamen verteilten Entwicklung.								
AP3: Sankey Engine								
AP3.1: Entwicklung eines einfachen Austauschformates für Sankey-Diagramme								
AP3.2: Sankey Visualisierung auf Mobilgeräten								
AP3.2.1: Konzeption								
AP3.2.2: Implementierung								
AP3.3: Komponente zur Bearbeitung von Sankey-Diagrammen für mobile Plattformen								
AP3.3.1: Konzeption								
AP3.3.2: Implementierung								
AP3.4: Andockpunkte für Mehrwert-Anwendungen								
AP3.5: Anhängen von Daten an Diagramme								
AP3.6: Signalisierung von fehlenden/unvollständigen Daten								

	Laufzeit 01.09.2015 bis 28.02.2017							
AP3.6.1: Konzeption								
AP3.6.2: Implementierung								
AP4: Umsetzung der MSM (VSM)Methodik								
AP4.1: Entwicklung des generischen Prozessmodells für die Methodik								
AP4.2: Verknüpfung von Prozessen über Flüsse								
AP4.3: Mobile Prozessdatenerfassung (Datenerfassung zu den erstellten Prozessen)								
AP4.3.1: Konzeption								
AP4.3.2: Implementierung								
AP4.4: Mobile Bearbeitung von existierenden Prozessdiagrammen								
AP4.5: Tool Stoppuhr								
AP4.6: Tool Zähler								
AP4.7: Tool Waage (Konzept)								
AP4.8: Tool QR-Scan (Konzept)								
AP4.9: Tool Foto								
AP4.10: Einbindung von mobiler Sensorik für die Datenerfassung (Konzept)								
AP5: Serverschnittstelle und zentrale Speicherung								
AP5.1: Konzept								
AP5.2: Implementation								
AP6: Schnittstelle zur Windows-Anwendung								
AP6.1: Konzeption								
AP6.2: Implementierung								
AP7: Usability								
AP8: Test, Ergebniskommunikation								

Tabelle 1: Projektplan MOPS

AP 1 Projektmanagement, Projektmeetings, Berichte

Am 05.10.2015 fand im Rahmen eines Auftaktworkshops in den Räumlichkeiten der ifu Hamburg GmbH ein erstes Projekttreffen mit allen Projektpartnern statt. Dabei standen das Kennenlernen und ein freier Gedankenaustausch zu dem geplanten Vorhaben mit dessen Zielen und Anwendungsszenarien im Vordergrund.

Während der gesamten Projektlaufzeit wurde in einer wöchentlich stattfindenden Telefonkonferenz zwischen den Projektmitarbeitern der HTW Berlin und der ifu Hamburg der aktuelle Stand sowie die nächsten Schritte zur Konzeption und Implementierung der Software besprochen.

Daneben kam es zu regelmäßig stattfindenden Projekttreffen in Hamburg, wo der aktuelle Stand der Software allen Projektbeteiligten vorgeführt sowie weitere Schritte diskutiert wurden.

AP 2 Grundlagen

AP 2.1 Auswahl SW-Umgebung

In Arbeitsphase 2.1 wurde in Rahmen von Recherchen und einer anschließenden Evaluation verschiedenen Softwarerahmenwerke (z.B. Xamarin¹, PhoneGap², Ionic³) auf deren Eignung, in Hinblick auf eine plattformübergreifende Entwicklung, hin analysiert. Des Weiteren erfolgte eine ausführliche Evaluation verschiedener Grafikbibliotheken (z.B. D3.js⁴, GoXam⁵, GoJS⁶) zur Visualisierung von Sankey-Diagrammen.

Aufgrund der unterschiedlichen Ansätze der evaluierten Grafikbibliotheken im Zusammenspiel mit den verschiedenen Softwarerahmenwerke und der sich daraus ergebenden Komplexität musste in einem größeren Stundenumfang als geplant die Arbeitsphase 2.1 durchgeführt werden.

AP 2.2 Entwurf der Architektur des Gesamtsystems

Parallel und auf Grundlage der Ergebnisse aus der Evaluation aus AP 2.1 wurde eine Softwarearchitektur des Gesamtsystems entworfen und wie geplant abgeschlossen.

AP 2.3 Einrichtung einer Infrastruktur zur gemeinsamen verteilten Entwicklung

Mit Start der Evaluation aus AP 2.1 wurde eine für das Projekt passende Infrastruktur zur Kommunikation der Ergebnisse eingerichtet. Um den Administrationsaufwand sowie die Kosten möglichst gering zu halten, wurde ausschließlich auf frei zugängliche Systeme bzw. Softwaretools zurückgegriffen. So kam z.B. zur Versionsverwaltung des erstellten Quellcodes Git⁷ zum Einsatz. Gehostet wurde das Git-Projekt dabei zunächst auf dem Open-Source-Hoster Bitbucket, wobei mit Beendigung des Projekts auf einen, bei der ifu Hamburg gehosteten, Git-Server umgezogen wurde. Zur kontinuierlichen Integration der neu entwickelten Funktionalitäten kam der leichtgewichtige, webbasierte continuous integration Server Codeship⁸ zum Einsatz. Als IDE kam das ebenfalls kostenlose Softwaretool Visual Studio Code zum Einsatz. Außerdem wurde zur Kommunikation der Aufgaben bzw. zur Fixierung der geplanten und umgesetzten Funktionalitäten das webbasierte Softwaretool Trello⁹ zum Einsatz. AP 2.3 wurde damit wie geplant, durchgeführt und abgeschlossen.

AP 3 Sankey Engine

AP 3.1 Entwicklung eines Austauschformates für Sankey-Diagramme

Auf Basis des .sankey-Diagramm-Formates wurde ein vereinfachtes und plattformübergreifendes XML entwickelt, das sowohl von der entwickelten mobilen Anwendung als auch von der Desktopanwendung gelesen und geschrieben werden kann. Es bildet somit die Schnittstelle zwischen der mobilen Anwendung und der Desktopanwendung und gewährt einen einheitlichen Datenaustausch. AP 3.1 wurde wie geplant, durchgeführt und abgeschlossen.

¹ <https://www.xamarin.com/> abgerufen am 14.02.2017.

² <http://phonegap.com/> abgerufen am 14.02.2017.

³ <https://ionicframework.com/> abgerufen am 14.02.2017.

⁴ <https://d3js.org/> abgerufen am 14.02.2017.

⁵ <https://www.nwoods.com/products/goxam/> abgerufen am 14.02.2017.

⁶ <http://gojs.net/latest/index.html> abgerufen am 14.02.2017.

⁷ <https://git-scm.com/> abgerufen am 14.02.2017.

⁸ <https://codeship.com/> abgerufen am 14.02.2017.

⁹ <https://trello.com/> abgerufen am 14.02.2017.

AP 3.2 Sankey Visualisierung auf Mobilgeräten

Innerhalb AP 3.2 wurde ein Konzept zur Darstellung des entwickelten Austauschformates in einer reinen Visualisierungskomponente erstellt sowie anschließend wie geplant implementiert.

AP 3.2.1 Konzeption

Es wurde ein Konzept zur komfortablen Erzeugung und Bearbeitung von Diagrammen im mobilen Kontext erstellt, welches die Funktionen der mobilen Anwendung definiert sowie Einschränkungen der Eigenschaften/Einstellmöglichkeiten enthält.

AP 3.2.2 Implementierung

Zur Umsetzung des in AP 3.2.1 erstellten Konzepts kam ein agiler Entwicklungsansatz zum Einsatz. Dabei wurden die zu entwickelnden Funktionalitäten von den Projektmitarbeitern in kurzen Stichpunkten beschrieben und priorisiert. Anschließend setzten sich die Projektmitarbeiter bei den regelmäßigen Telefonkonferenzen, die einmal pro Woche stattfanden, mit den Funktionsbeschreibungen auseinander. Diese wurden dabei in konkrete, granulare Aufgaben zerlegt und für einen einwöchigen Entwicklungszyklus, den sogenannten Sprint, geplant und umgesetzt. Ziel war es, nach jeder Woche eine lauffähige Software mit den ausgewählten und umgesetzten Funktionen zu erhalten. Durch diese kurzen Iterationen erhöhte sich die Flexibilität bei der Entwicklung und es konnte sehr schnell auf Änderungen der Planung oder der Workflows reagiert werden. Die Implementierungsphase konnte wie geplant durchgeführt und abgeschlossen werden.

AP 3.3 Konzeption und Entwicklung einer Komponente zur Bearbeitung von Sankey-Diagrammen für mobile Plattformen

In diesem Schritt wurde ein Konzept zur Erstellung und Bearbeitung von Sankey-Diagrammen auf mobilen Geräten entwickelt und die Funktionen schrittweise implementiert. Die Funktionen wurden entsprechend ihrer Relevanz für die geplante Anwendung priorisiert umgesetzt.

AP 3.4 Andockpunkte für Mehrwert-Anwendungen

Unter Berücksichtigung der, für Benutzer von e!Sankey, bekannten Interaktionsmöglichkeiten von e!Sankey sowie der hierzu unterschiedlichen Möglichkeiten auf einem mobilen Gerät, wurden die notwendigen bzw. sinnvollen Interaktionen wie z.B. tippen, ziehen oder zoomen zum Hinzufügen, Bearbeiten, Löschen etc. für verschiedene Element definiert.

AP 3.5 Anhängen von Daten an Diagramme

Das in AP 3.1 entwickelte Austauschformat wurde um die Fähigkeit erweitert, die strukturellen Daten, die als Sankey-Diagramm dargestellt werden, um die im Rahmen der Prozessdatenerfassung gesammelten Daten anzureichern.

AP 3.6 Signalisierung von fehlenden/unvollständigen Daten

In AP 3.6 wurde das Konzept bei der Datenaufnahme nach MSM (VSM) Methodik um die Möglichkeit erweitert, fehlende bzw. unvollständige Daten in der mobilen Anwendung zu visualisieren. Das AP wurde wie geplant, durchgeführt und abgeschlossen.

AP 4 Umsetzung der MSM (VSM)Methodik

In diesem AP wurden auf Basis der vorherigen APs die inhaltlichen Anforderungen umgesetzt, d.h. es wurde ein Konzept zur Umsetzung der MSM (VSM) Methodik erstellt und

umgesetzt. Aufgrund des erhöhten Implementierungsaufwands des AP 3.2.2 kam es zu Verzögerungen bei der Umsetzung des AP 4, sodass Teile dieses APs nur prototypisch umgesetzt werden konnten.

AP 4.1 Entwicklung des generischen Prozessmodells für die Methodik

Mit AP 4.1 wurde eine theoretische Aufbereitung der Methode zur Erfassung der Prozessdaten durchgeführt. Des Weiteren wurden die relevanten Datenstrukturen zur Abbildung von Prozessen konzeptionell erarbeitet und definiert, womit die Grundlage zur Definition des Workflows zur Prozessaufnahme gegeben und die genaue Funktionsweise der mobilen Anwendung beschrieben wurde.

AP 4.2 Verknüpfung von Prozessen über Flüsse

AP 4.2 diente der Anpassung der bisherigen Erstellung von Prozessen und deren Inputs und Outputs, sodass offene Inputs/Outputs möglich sind. Bisher war es beim Zeichnen eines Inputs bzw. Outputs notwendig, die Quelle bzw. das Ziel des dazu gehörenden Pfeils mit anzugeben. Dies wurde im Zuge einer, im Kontext der mobilen Erfassung, gerechten Interaktion nun angepasst und zugelassen.

AP 4.3 Mobile Prozessdatenerfassung (Datenerfassung zu den erstellten Prozessen)

Um dem Anwender, im Sinne der Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit der Anwendung, nur die Funktionen zur Verfügung zu stellen, die im aktuellen Bearbeitungsschritt relevant sind, wurde für die Methodik ein neues Dialogkonzept erarbeitet und umgesetzt.

AP 4.3.1 Konzeption

Entsprechend der Idee dem Benutzer passend zum jeweiligen Anwendungskontext angepasste Dialoge zur Bearbeitung des Prozessschrittes zur Verfügung zu stellen, wurde ein entsprechendes Konzept ausgearbeitet.

AP 4.3.2 Implementierung

Auf Basis des aus AP 4.3.1 erarbeiteten Konzepts wurde mit der Implementierung begonnen und ein erster Prototyp fertig gestellt.

AP 4.4 Mobile Bearbeitung von existierenden Prozessdiagrammen

Mit dem AP 4.4 sollten dem Anwender Vorlagen für spezifische Produktionssysteme innerhalb der mobilen Anwendung angeboten werden, um einen schnellen und komfortablen Einstieg bei der Prozessdateneingabe anbieten zu können. Damit sollte ein Filter realisiert werden, der die sichtbare Datenmenge reduziert und damit die Übersichtlichkeit steigert. Das AP 4.4 konnte aus zeitlichen Gründen bisher noch nicht umgesetzt werden.

AP 4.5 Tool Stoppuhr

AP 4.5 beinhaltet die Konzeption und Implementierung einer einfachen Stoppuhr, welche aus der mobilen Anwendung heraus genutzt werden kann, um Informationen zu Prozesszeiten aufnehmen zu können. Das Tool konnte prototypisch umgesetzt werden.

AP 4.6 Tool Zähler

AP 4.6 beinhaltet die Konzeption und Implementierung eines Zählerwerkzeugs, welches gepaart mit einer Uhr dazu dient, Mengen pro Zeit zu erfassen. Das Tool konnte prototypisch umgesetzt werden.

AP 4.7 Tool Waage (Konzept)

Um Informationen zum Gewicht von Produkten oder Abfällen direkt vor Ort zu erfassen und in die Prozessdaten zu überführen, sollte eine Waage per Bluetooth oder WLAN an die Anwendung angebunden werden. Die Umsetzung des erarbeiteten Konzepts soll u.a. im Rahmen einer in Kürze beginnenden Masterarbeit geschehen.

AP 4.8 Tool QR-Scan (Konzept)

In diesem AP wurde ein Konzept zur Identifizierung von Maschinen sowie Hinterlegung von Templates mit Hilfe von QR-Codes erarbeitet. Für jede Maschine wird dabei ein QR-Code generiert und an entsprechender Maschine angebracht. Ist entsprechende Maschine bisher nicht im Diagramm abgebildet, so kann diese durch einscannen des QR-Codes aus der Anwendung heraus mit sämtlichen in der Vorlage hinterlegten Input/Outputs erzeugt werden. Realisiert wird diese durch entsprechendes Rich Sankey XML, welches sich codiert hinter dem QR-Code verbirgt. Des Weiteren kann der QR-Code auch dazu genutzt werden, eine Maschine, welche bereits im Diagramm vorhanden ist zu identifizieren. Wurde die entsprechende Maschine im Diagramm identifiziert, so fokussiert die Anwendung auf das dazu gehörende Netzelement, sodass Details bzw. Eingaben schnell eingesehen oder vorgenommen werden können. Das Konzept soll wie AP 4.7 im Rahmen einer Masterarbeit umgesetzt werden.

AP 4.9 Tool Foto

Zur Dokumentation und Illustration wurde das Anfertigen eines Fotos in die Anwendung integriert. Damit ist es dem Anwender möglich ein aufgenommenes Foto unmittelbar in dem erstellten Diagramm zur Darstellung eines Prozesses zu verwenden oder bspw. Typenschilder der Maschinen zur Dokumentation zu speichern.

AP 4.10 Einbindung von mobiler Sensorik für die Datenerfassung (Konzept)

Die mit GPS/Geolocation gewonnenen Daten können verwendet werden, um an einem bestimmten Ort eine sortierte Auswahl zu bekommen, welches Template einer Maschine eingefügt werden soll. Außerdem könnte bei der Begehung im Diagramm der Prozess vergrößert werden, an dem man sich gerade befindet.

Mit Augmented Reality kann ein Bild oder eine Ansicht um Daten, die aus dem spezifizierten Produktionssystem kommen, angereichert werden.

Das Konzept hierzu soll zusammen mit den Konzepten aus AP 4.7 sowie AP. 4.8 in einer Masterarbeit umgesetzt werden.

AP 5 Serverschnittstelle und zentrale Speicherung

Ziel von AP 5 war es einen Workflow zu erarbeiten, der es erlaubt erfasste Daten zwischen verschiedenen Anwendungen auszutauschen. Dies wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit realisiert.

AP 5.1 Konzept

Das Konzept baut auf dem Prinzip der Synchronisierung auf. Dabei wurde eine zentrale Serverkomponenten auf Basis des an der HTW Berlin entwickelten OpenResKit-Rahmenwerks¹⁰ realisiert. Diese stellt eine standardisierte Web-Schnittstelle zur Verfügung, über die z.B. mit einer App erfasste Zählerdaten eines Stromzählers in der Datenbank des Servers gespeichert werden können. Mittels einer Synchronisierungskomponenten

¹⁰ <http://openreskit.htw-berlin.de/> abgerufen am 23.02.2017.

te können diese Daten dann wiederum ausgelesen und mit den Prozessdaten eines Sankey-Diagramms verknüpft und bei Bedarf aktualisiert werden.

AP 5.2 Implementation

In der Phase wurde das zuvor entwickelte Konzept aus AP 5.1 entsprechend nach Plan umgesetzt.

AP 6 Schnittstelle zur Windows-Anwendung

Um einen reibungslosen Datenaustausch zwischen der Desktopanwendung e!Sankey und seinem mobilen Pendant zu ermöglichen wurde e!Sankey erweitert und die Möglichkeit geschaffen ein Sankey-Diagramm in das Rich Sankey Format zu exportieren bzw. dieses Format auch zu importieren. Gleichzeitig wurde die mobile Anwendung befähigt Sankey-Diagramme im Rich Sankey Format zu speichern oder diese zu öffnen.

AP 6.1 Konzeption

Ein Konzept wurde entsprechend der Planung erstellt und abgeschlossen.

AP 6.2 Implementierung

Die Implementierung geschah entsprechend der Planung.

AP 7 Usability

Um eine möglichst hohe Gebrauchstauglichkeit der Anwendung zu erreichen, wurde in Zusammenarbeit mit dem UX-Lab¹¹ der HTW Berlin am Interaktionskonzept gearbeitet sowie kontinuierliche Verbesserungen vorgenommen.

AP 8 Test, Ergebniskommunikation

Die Projektergebnisse sollen im Rahmen eines Workshops in Kooperation mit dem PIUS-Netzwerk einer breiten Öffentlichkeit präsentiert werden. Der Workshop könnte bundesweit mit Fachpartnern des PIUS-Netzwerks mehrfach ausgerichtet werden. Dabei sollen vor allem praktische Anwendungsbeispiele der Prozessaufnahme und die Vorteile des laufenden Einsatzes der Softwareprodukte in den Vordergrund gestellt werden. Die Durchführung dieser Phase ist nach Abschluss des Projekts und somit für das 2. Quartal 2017 angedacht.

3 Erzielte Ergebnisse der einzelnen Arbeitsphasen

3.1 Projektergebnisse

3.1.1 Recherche und Analysephase

Die Recherche und Analysephase gliedert sich in drei Teilabschnitte. Zuerst wurde im Rahmen von AP2 und AP3 eine Recherche bzgl. ähnlicher bereits existierender Software zur Erstellung von Sankey-Diagrammen oder ähnlichem durchgeführt. So sollten sowohl die Schwächen wie auch Stärken dieser Anwendungen identifiziert werden, um den geplanten Funktionsumfang sowie die Interaktionsmöglichkeiten der zu entwickelnden Anwendung näher spezifizieren zu können. Hierzu wurden sowohl mobile wie auch webbasierte Anwendungen neben e!Sankey untersucht.

Als Ergebnis entstand ein neues innovatives Interaktionskonzept, welches aus e!Sankey bekannte, wie auch neue Interaktionsmöglichkeiten verbindet und so den Einstieg sowohl

¹¹ <http://uxlab.htw-berlin.de/> abgerufen am 23.02.2017.

für e!Sankey-Nutzer als auch für solche, die bisher keinen Kontakt mit der Software hatten, einfach und intuitiv gestaltet.

Im zweiten Teilabschnitt wurde die Anwendungslogik von e!Sankey, welche umfangreiche Funktionen zur Berechnung komplexer Sankey-Diagramme umfasst, analysiert. Als Ergebnis dieser Analyse wurden entsprechende Anforderungen an die API der zu verwendenden Grafikbibliothek abgeleitet und spezifiziert.

Im dritten Teilabschnitt wurde anhand der definierten Anforderungen nach unterschiedlichen Softwarelösungen recherchiert, welche als technologische Basis bei der Umsetzung der Anwendung hätten dienen können. Hierzu wurden sowohl native wie auch hybride Ansätze der mobilen Anwendungsentwicklung zunächst auf theoretischer und später für ausgewählte auf praktischer Ebene (siehe Kapitel 3.1.2) untersucht.

Des Weiteren wurde nach Grafikbibliotheken recherchiert, welche sich abhängig vom eingesetzten Softwarerahmenwerk und dessen Ansatz (nativ oder hybrid) für die Erstellung von Sankey-Diagrammen einsetzen ließen. Als Ergebnis dieser Recherchen ergaben sich die folgenden drei Kombinationen, welche im Rahmen der Technologieevaluation (vgl. Kapitel 3.1.2) näher untersucht wurden:

- Xamarin als Softwarerahmenwerk mit einem nativen Ansatz in Kombination mit der Grafikbibliothek GoXam
- Ionic als Softwarerahmenwerk mit einem hybriden Ansatz in Kombination mit der weitverbreiteten Open-Source Grafikbibliothek D3.js
- Ionic in Kombination mit der kommerziellen Grafikbibliothek GoJS

3.1.2 Technologieevaluation

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Technologieevaluation aus Arbeitsphase 2 und 3 dargestellt.

Um einen möglichst großen Umfang an Zielunternehmen für den Einsatz zu erreichen, soll die mobile Anwendung möglichst plattformunabhängig genutzt werden können. Um dies zu bewerkstelligen, wurden zuerst verschiedene Lösungen, welche eine Plattformunabhängigkeit ermöglichen untersucht und in Kombination mit verschiedenen Grafikbibliotheken, die ein Zeichnen von Sankey-Diagrammen ermöglichen, ausprobiert. Da eine möglichst ausführliche Evaluation der Funktionalitäten einen besonders großen Aufschluss über die Eignung dieser Kombination ergeben hätte, war die größte Herausforderung ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Umfang und Tiefe der erprobten Funktionalitäten und der dafür notwendigen Zeit herzustellen. Mit entscheidend für die Wahl der Kombination war nicht zuletzt, inwieweit die durch e!Sankey bereits existierende, in der Programmiersprache C# geschriebene Logik zum Zeichnen von Sankey-Diagrammen auf eine mobile Plattform portiert werden konnte. Im Projektverlauf musste daher eine bis dahin präferierte Lösung basierend auf dem Ionic Framework und der Grafikbibliothek D3.js revidiert werden, da durch deren Einsatz spätere Komplikationen bei der Portierung vermutet wurden.

Ionic Framework

(<https://ionicframework.com> – Ionic Framework)

Das Open-Source-Framework Ionic baut auf dem Framework Apache Cordova¹² auf und ermöglicht die Entwicklung mobiler plattformunabhängiger (hybrider) Applikationen. Dabei werden mit JavaScript, HTML5 und CSS entwickelte „Webanwendungen“ lokal in einem gekapselten Webbrowser ausgeführt und dargestellt. Der Programmcode kann dabei über alle Plattformen hinweg vollständig wiederverwendet werden. Die üblichen Defizite beim Look & Feel nicht nativer Apps entgegnet Ionic mit einer Reihe von UI Komponenten, welche speziell für mobile Browser optimiert wurden und sich durch minimale DOM Manipulationen auszeichnen, sodass eine ähnlich hohe Performance wie bei einer nativen App erzielt werden kann. Darüber hinaus integriert Ionic das im Web weit verbreitete

¹² <https://cordova.apache.org/> abgerufen am 28.02.2017

Single-Page-Application-Framework AngularJS, welches ein erprobtes und gut testbares Architekturgerüst der Anwendung vorgibt.

GoJS

(gojs.net – GoJS)

GoJS ist eine kommerzielle JavaScript Bibliothek zur Erstellung individueller interaktiver Diagramme und komplexer Visualisierungen auf allen modernen Webbrowser und Plattformen. Mit Hilfe von Knoten, Links und Gruppen sowie anpassbarer Vorlagen und Layouts lassen sich Diagramme komplett im Browser in ein HTML5 Canvas Element oder SVG rendern. Während eine auf Xamarin und GoXam basierende Lösung aufgrund von Inkompatibilität nicht möglich ist, liegt der große Vorteil von GoJS im Vergleich zu D3.js in der starken Anlehnung der Programmierschnittstelle an der in der e!Sankey-Anwendung verwendeten Bibliothek GoDiagram. Dadurch ist eine unkomplizierte Umwandlung und Weiterverarbeitung der erfassten Daten in der mobilen Anwendung auf dem Desktop-PC sichergestellt. Außerdem wird der Entwicklungsaufwand deutlich reduziert, da die Anwendungslogik relativ einfach aus der e!Sankey-Anwendung in die mobile Anwendung portiert werden kann.

3.1.3 Softwarearchitektur

Entsprechend der Anforderungen ergab sich folgende Architektur (siehe Abbildung 1), welche das Zusammenspiel zwischen der mobilen Anwendung und stationären Desktopanwendung sowie dem zentralen Server (OpenResKit Hub) schematisch darstellt.

Der stationäre Desktopcomputer mit der installierten Software e!Sankey dient der Prozesserfassung und der detaillierten Verarbeitung der Prozessdaten und deren Darstellung als Sankey-Diagramme. Daneben existiert eine mobile Applikation, welche wahlweise auf einem Android bzw. iOS Gerät betrieben werden kann. Diese ermöglicht es, Prozessdaten vor Ort zu erfassen, um beispielsweise ein bestehendes Modell, welches z.B. mit der stationären Anwendung erstellt wurde, um fehlende Daten zu ergänzen oder ein komplett neues Modell abzubilden. Der Datenaustausch zwischen der mobilen und der stationären Anwendung erfolgt dabei mittels des Rich Sankey Formats, das eine plattformunabhängige Schnittstelle bildet. Derzeit erfolgt die Kommunikation ausschließlich dateibasiert z.B. per E-Mail oder über einen in die mobile Anwendung integrierbaren Filehosting-Dienst wie z.B. Dropbox oder Google Drive.

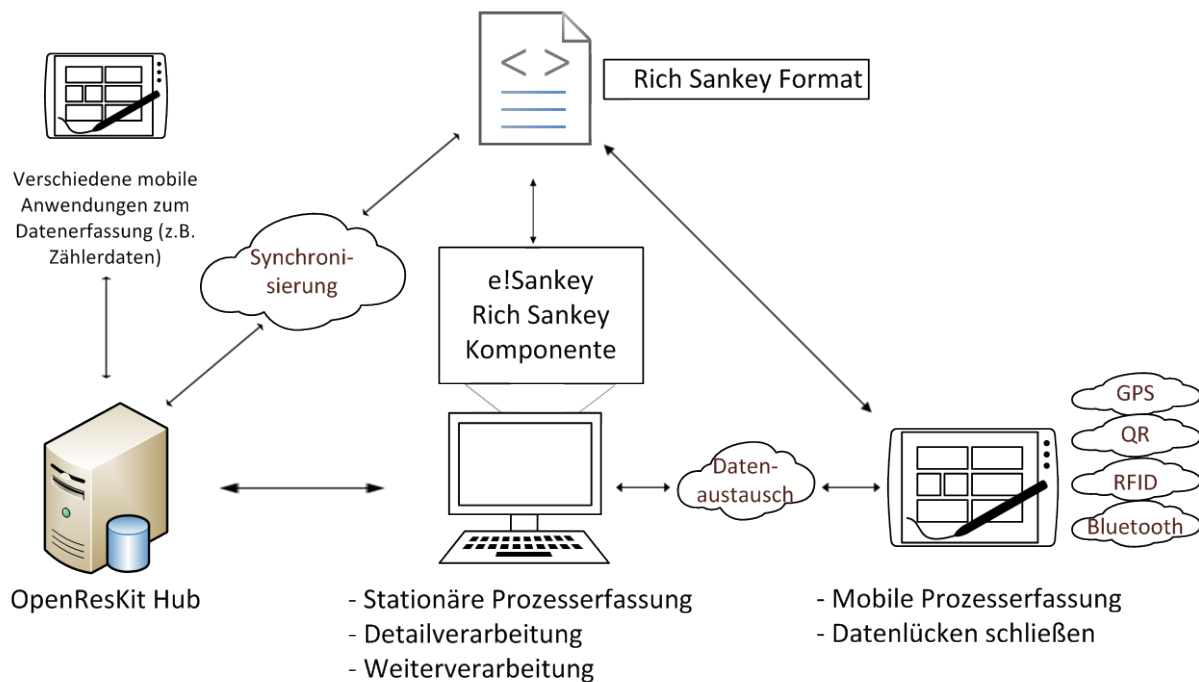


Abbildung 1: Architektur der Anwendung (schematische Darstellung)

Die mobile Anwendung macht dabei Gebrauch von den speziellen technischen Möglichkeiten des mobilen Endgeräts. Durch GPS bzw. erweiterte Ortungsfunktionen können zum einen Informationen standortbezogen und kontextbezogen in der Produktion verortet werden, was später zur vereinfachten Lokalisierung der Datenquelle beiträgt. Daneben ergänzen komfortable Funktionen zum Messen der Stoffströme die mobile Erfassung. So dient die integrierte Stoppuhr zur Messung der Zeitintervalle in der Fertigung oder der Klick-Zähler zur Messung von Mengen. Weitere Tools konnten konzeptionell erarbeitet werden und lassen sich somit zukünftig leicht in die Anwendung integrieren. So z.B. eine über Bluetooth angebundene Waage zur Bestimmung von Gewichten in den Produktionsprozessen oder QR-Codes zur Identifikation von Prozessanlagen.

Über eine Synchronisationskomponente lässt sich das Rich Sankey Format um zusätzliche Daten, welche auf einem zentralen Server persistiert sind, ergänzen. Technologisch basiert dieser Server auf dem Softwarerahmenwerk OpenResKit, welches im Rahmen eines an der HTW Berlin durchgeführten Forschungsprojekts entwickelt wurde. Der Server bzw. der sog. OpenResKit Hub dient dabei als Datenquelle und –senke für problemspezifische Softwarewerkzeuge im Kontext der Ressourceneffizienz (wie z.B. eine App zur Erfassung von Zählerverbrauchsdaten) und bietet eine standardisierte Webschnittstelle zum bidirektionalen Datenaustausch mit verschiedenartige Clients.

Damit kann ein bestehendes, im Rich Sankey Format vorliegendes, Modell mit Zählerdaten, welche mit einer entsprechenden App erfasst und auf dem OpenResKit Hub persistiert wurden, verknüpft bzw. synchronisiert werden. Somit müssen Daten, welche in unterschiedlichen Anwendungskontexten genutzt werden nur einmal erfasst werden.

3.1.4 Software

Um eine gute Übersicht sowie Händelbarkeit der Diagrammelemente eines Sankey-Diagramms auf einem mobilen Gerät gewährleisten zu können, wurde die in dem Forschungsvorhaben entstandene Software vornehmlich für Tablets entwickelt. Im Folgenden wird die als hybride App entwickelte Anwendung, welche somit auf verschiedenen Plattformen zum Einsatz kommen kann, auf einem Apple iPad 2 Air vorgestellt.

Die Umsetzung der MSM bzw. VSM Methodik zur Generierung von Sankey-Diagrammen orientiert sich am Dialog-geführten Assistenten der Desktopanwendung mee!Sankey¹³

¹³ <http://www.mesor.de/meesanky/> abgerufen am 23.02.2017.

und erweitert den Workflow um die automatische und sequenzielle Erstellung von Diagrammelementen in Abhängigkeit vom Fortschritt des Aufnahmeprozesses.

Auf dem Startbildschirm der mobilen Anwendung (siehe Abbildung 2) entscheidet sich der Nutzer zwischen den Optionen ein neues Diagramm anzulegen oder mit der Bearbeitung eines bestehenden Diagramms fortzufahren. Zusätzlich wird der direkte Einstieg in die Bearbeitung des letzten Aufnahmeprozesses angeboten, um bei kürzeren Pausen der Produktionsbegehung eine schnelle Weiterführung der Diagrammerstellung zu ermöglichen.

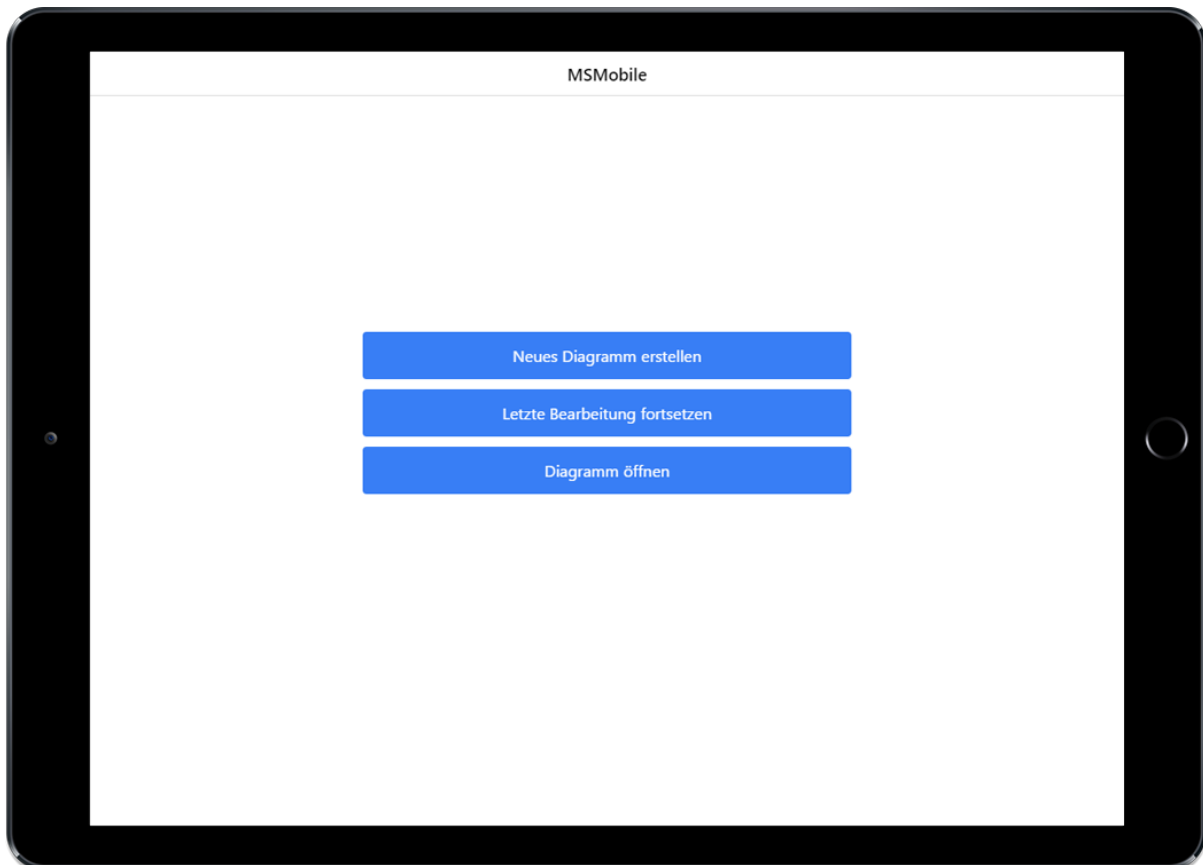


Abbildung 2: Screenshot des Startbildschirms mit Optionsauswahl

Die konzeptionelle Ausrichtung der Anwendung fokussiert sich auf die Dialog-geführte Datenerfassung mit simultaner graphischer Präsentation entsprechender Diagrammelemente. Erreicht wird dies durch die Aufteilung der Anzeigefläche des Bildschirms in Diagramm- und Dialogbereich (siehe Abbildung 3).

Der Nutzer hat dabei mehrere Möglichkeiten sich durch den Aufnahmeprozess zu navigieren:

- Die Navigation im Dialogbereich sieht vor, dass über den Weiter-Button der nach MSM-Methodik nachfolgende Aufnahmeschritt (vgl. [Re10]) aufgerufen wird. Durch den Zurück-Button gelangt man zur direkt vorangegangenen Eingabemaske.
- Am oberen Bildschirmrand des Dialogbereiches befindet sich die dauerhaft angezeigte Hauptnavigationsleiste. Hierüber kann der Nutzer jederzeit das Konfigurationsmenü der Anwendung aufrufen, zu den Übersichten aller erfassten Prozesse und Einträge gelangen, sowie den Dialogbereich ausblenden lassen.
- Darüber hinaus kann sich der Nutzer auch durch Tippen auf bereits erstellte Diagrammelemente die zu Grunde liegenden Datensätze im Dialogbereich anzeigen lassen und überarbeiten.

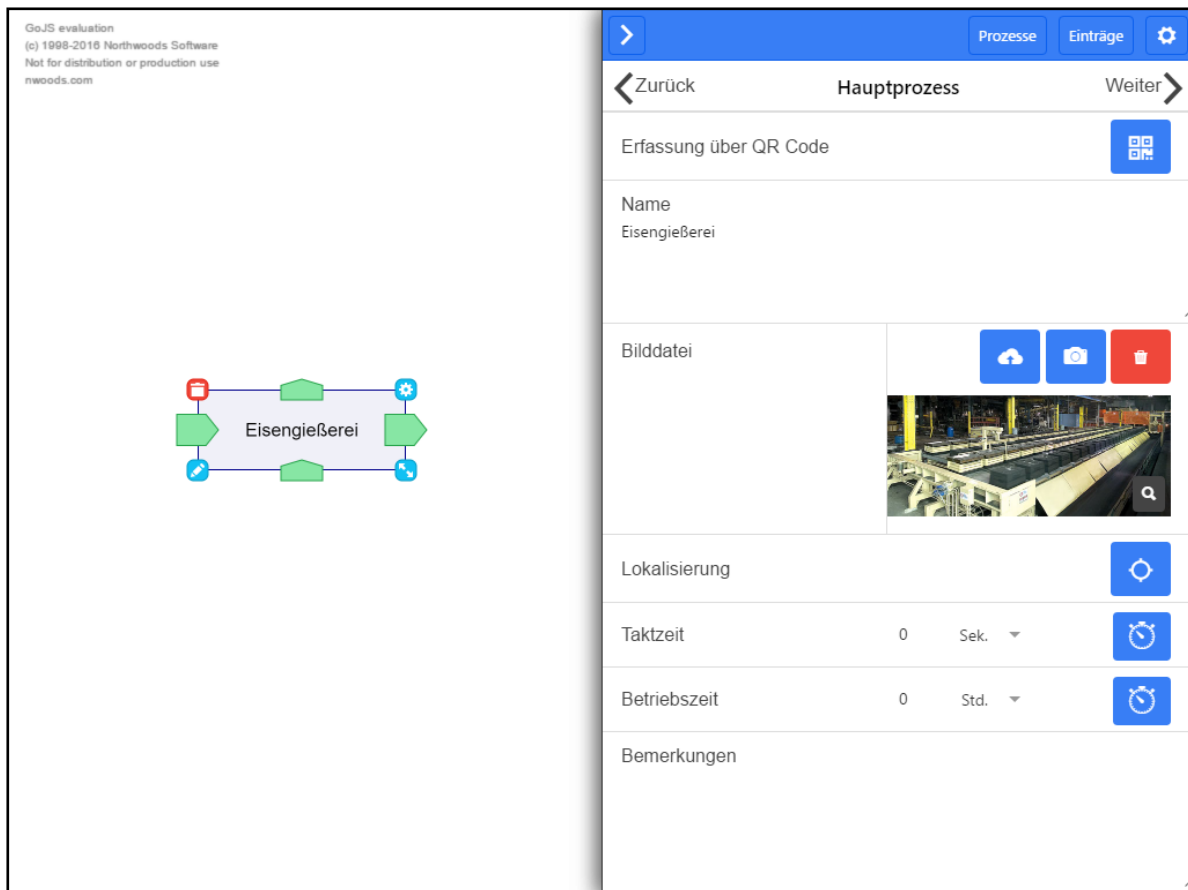


Abbildung 3: Screenshot Prozessbearbeitung

Die systematische Aufnahme von Stoff- und Energieflüssen beginnt mit der Erfassung eines verarbeitenden Hauptprozesses (siehe Abbildung 3).

Zur Erleichterung der Datenerfassung und zur Gewährleistung konsistenter Datenqualität gibt es in diesem Schritt die Möglichkeit zum unterstützenden Einsatz diverser Tools bei der Erhebung der Prozessstammdaten. Sofern der aktuell zu erfassende Produktionsschritt für die Identifizierung mittels QR-Code ausgelegt ist, lässt sich dieser nun durch das Öffnen eines QR-Code Scanners eindeutig mit dem aktuell bearbeiteten Datensatz verknüpfen. Durch den Zugriff auf die Kamerafunktion des mobilen Endgerätes lässt sich ein Foto aufnehmen und direkt dem Prozess zuordnen. Alternativ kann dafür auch ein Bild aus dem Dateisystem verwendet werden. Zur Ortsbestimmung können die aktuellen GPS Koordinaten über ein Lokalisierungs-Tool ermittelt und in die Eingabemaske übertragen werden. Die Durchlaufzeit sowie die Betriebszeit eines Prozesses erfolgt entweder durch direkte Eingabe der Zeiten oder nach Messung unter Zuhilfenahme des Zeiterfassungs-Tools. Optional kann der Nutzer in diesem Dialog auch die graphische Darstellung des Prozesses bearbeiten.

Sind die Prozessstammdaten vollständig erfasst, werden im nächsten Schritt die eingehenden Stoffströme aufgenommen. Um die Zuordnung von Stoff- und Energieflüssen zu erleichtern, wurde eine Textsuche implementiert, die während der Eingabe Vorschläge zu bereits indizierten Einträgen anbietet (siehe Abbildung 6). Ist der gesuchte Eintrag noch nicht erfasst worden, wird nach erfolgloser Suche die Eingabemaske zur Aufnahme der benötigten Attribute angezeigt (siehe Abbildung 4).

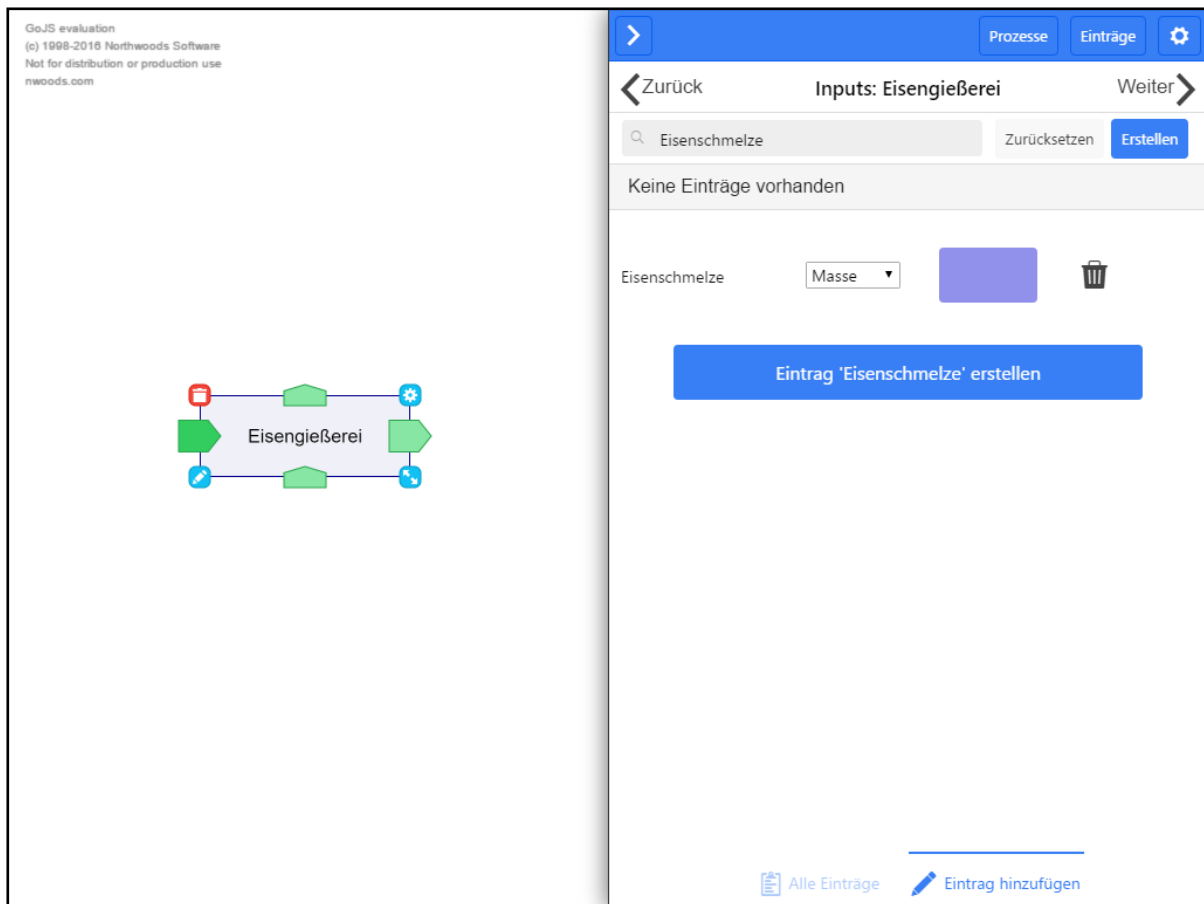


Abbildung 4: Screenshot Inline-Erstellung von Einträgen

Der Name des Eintrages wird dabei aus dem Suchfeld übernommen. Des Weiteren wird für die graphische Darstellung ein Farbe zugeordnet und ein Auswahlmenü zur Klassifizierung des entsprechenden Einheiten-Typs angeboten. Die gängigsten Einheiten-Typen werden als Defaultwerte bei jeder neuen Diagrammerstellung automatisch angelegt, können aber auch über das Konfigurationsmenü bearbeitet werden.

Nachdem ein Eintrag beschrieben und als Input oder Output des betrachteten Prozesses referenziert wurde, wird der Nutzer zur quantitativen Bestimmung des Stoffstroms aufgefordert. Je nach Art des Materials werden auch hier unterstützende Tools zur Erfassung der Mengen bereitgestellt (siehe Abbildung 5). Ein Zähler-Tool dient zur komfortablen Erfassung von Stückzahlen. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit der Synchronisation und Datenübermittlung von Bluetooth-fähigen Industriewaagen prototypisch umgesetzt.

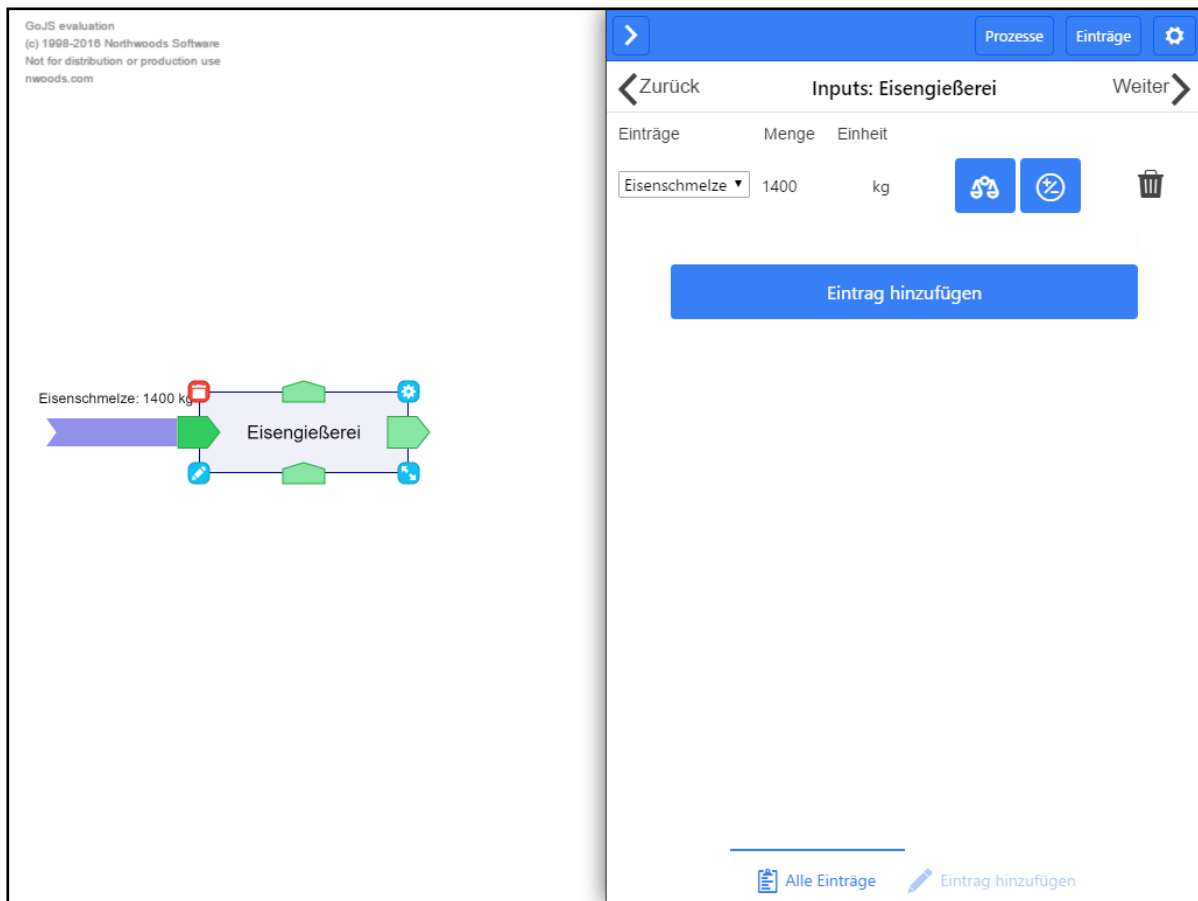


Abbildung 5: Screenshot Erfassung von Inputs

Ist ein Stoffstrom mit allen Attributen erfasst, die benötigt werden, um das entsprechende Diagrammelement zu generieren, wird der Diagrammbereich automatisch aktualisiert. Der Nutzer hat während des gesamten Prozesses der Datenaufnahme die Möglichkeit, die Ansicht des Diagramms zu vergrößern, verkleinern oder zu verschieben. Darüber hinaus ist es auch möglich, die Abmessungen und Positionierungen einzelner Diagrammelemente zu bearbeiten. Wird ein graphisches Objekt durch Tippen selektiert, erscheinen kontextabhängige Buttons zur Manipulation von Attributen, sofern diese nicht an die MSM-Methodik geknüpft sind.

Um die Orientierung des Nutzers während des gesamten Verlaufs der Datenerfassung zu verbessern, wird zudem immer die graphische Repräsentation des aktuell über den Dialogbereich bearbeiteten Elements hervorgehoben. Wie in Abbildung 6 zu sehen, geschieht dies bei noch nicht vollständig erfassten Stoffströmen durch Markierung der abhängigen Aufnahme-position eines Prozesses.

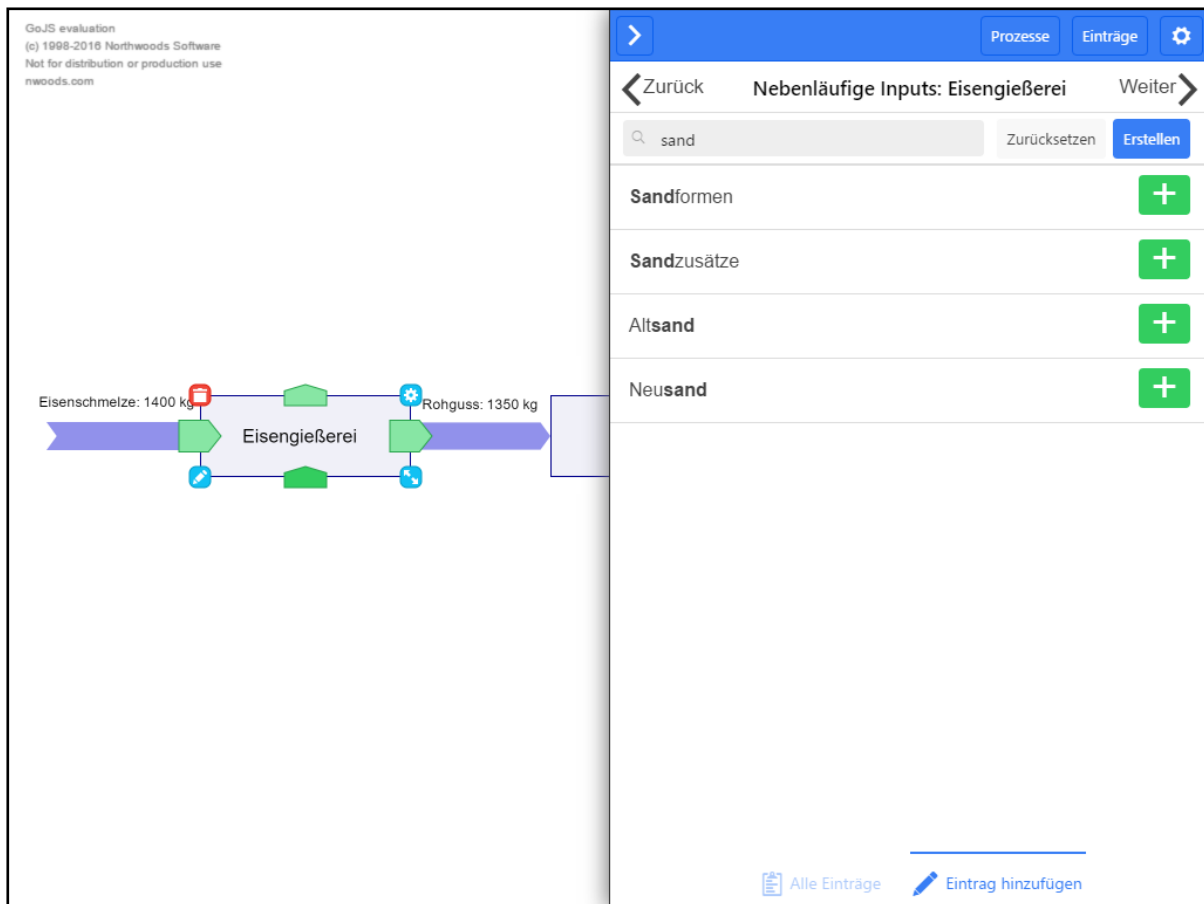


Abbildung 6: Screenshot Live-Suche erfasst Einträge

Durch die zahlreichen Navigationsmöglichkeiten entsteht ein nicht-linearer Bearbeitungsverlauf des Material Stream Mappings. Dies hat zur Folge, dass Daten unter Umständen nicht immer vollständig oder in ausreichender Qualität erfasst werden. Ist zum Beispiel die Art eines Stoffstromes erfasst, aber es kann keine Aussage zu den entsprechenden Mengen zum Zeitpunkt der Datenaufnahme gemacht werden, wird der Nutzer beim Verlassen des jeweiligen Dialogs durch ein Popup dazu aufgefordert, eine Bemerkung zum Sachverhalt zu hinterlegen. Der abhängige Prozess wird daraufhin als unvollständig markiert. Wie in Abbildung 7 zu sehen, ist die Anzahl der so markierten Prozesse permanent in der Hauptnavigationsleiste ersichtlich.

In der Übersicht aller Prozesse wird die Möglichkeit gegeben direkt zum Datensatz, der eine Revision benötigt oder zum Bearbeitungsdialog des jeweiligen Prozesses zu navigieren. Darüber hinaus kann der Nutzer sich alle Bemerkungen anzeigen lassen, die zu den Prozessen und deren verarbeiteten Stoffströmen angelegt wurden.

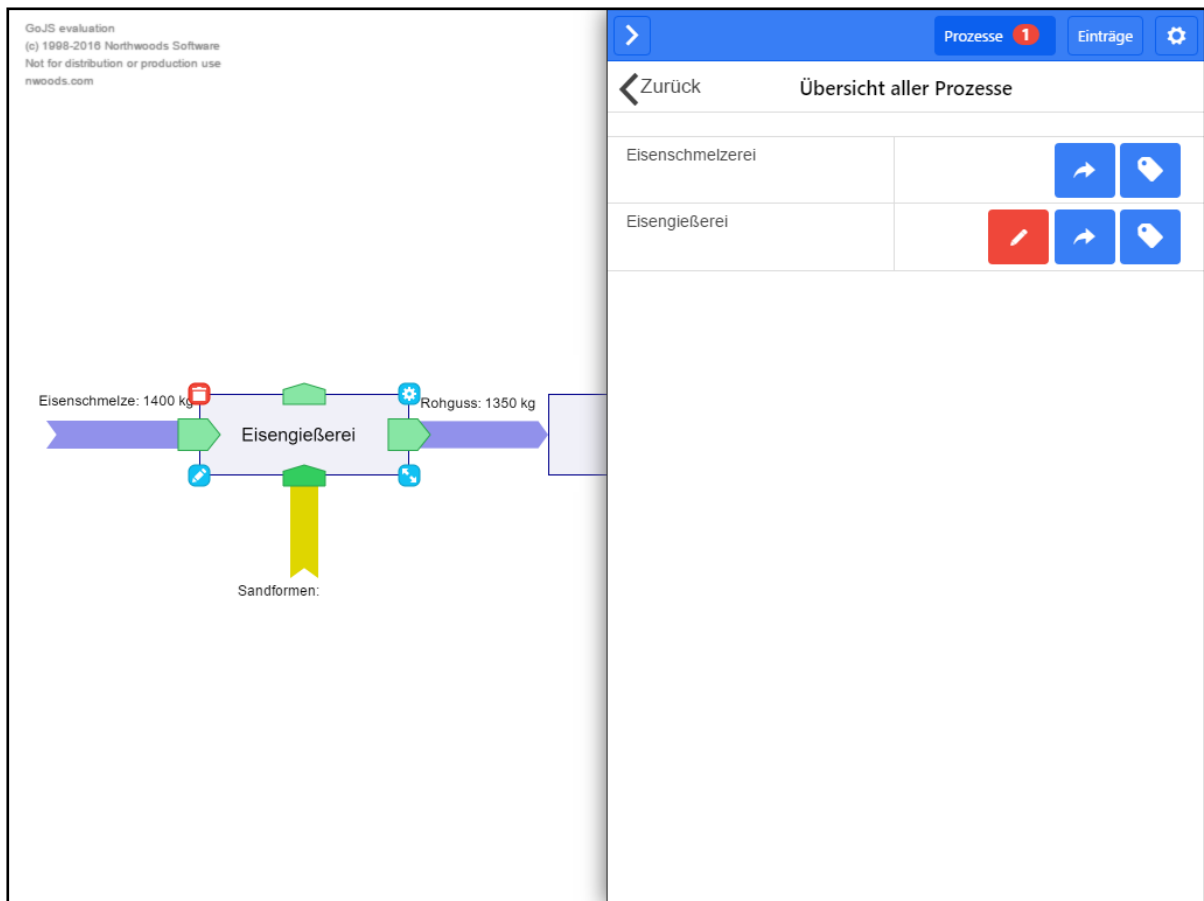


Abbildung 7: Screenshot Übersicht aller Prozesse

Um das erstellte Diagramm zu speichern bzw. mit der stationären e!Sankey Anwendung austauschen zu können, verfügt das Konfigurationsmenü (siehe Abbildung 8 rechts oben) über einen Menüpunkt *Speichern unter*. Mittels diesem öffnet sich ein Popup (siehe Abbildung 8), welches Optionen zum Speichern in *Dropbox* oder über *Mehr* in einem anderen Dienst (z.B. Google Drive, One Drive oder E-Mail) bereitstellt. Das Diagramm wird anschließend als Datei in dem ausgewählten Dienst gespeichert und steht somit zur weiteren Bearbeitung hierüber bereit.

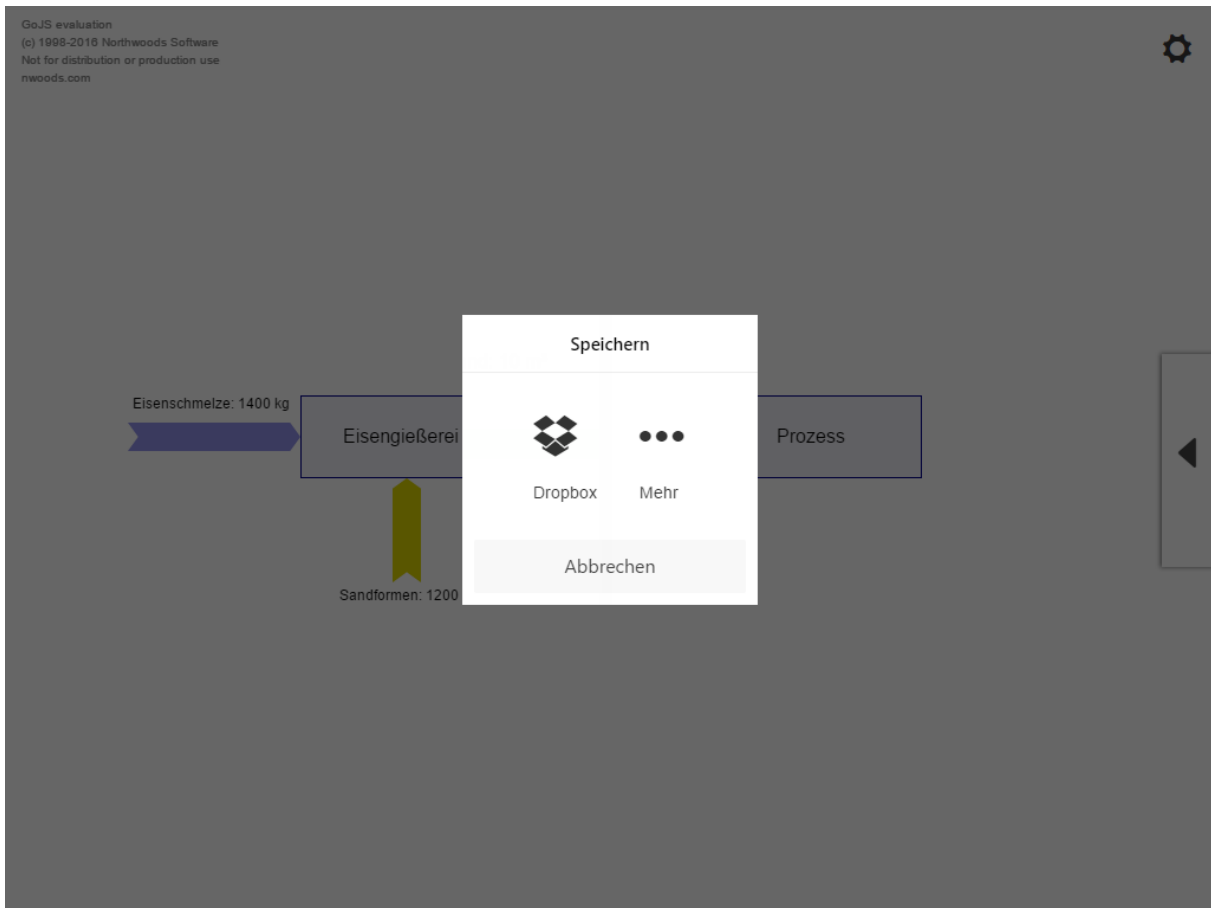


Abbildung 8: Screenshot Speichern-Dialog

3.2 Ökologische, ökonomische und technologische Bewertung

Beim Materialverbrauch im Mittelstand sind im Durchschnitt Einsparungen von 10-20% möglich (vgl. [Pr09]). Besonders groß ist der Materialeinsatz im verarbeitenden Gewerbe, bei dem ca 45% der Kosten allein für den Verbrauch von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe anfallen. Als realistisch werden vom Antragssteller Einsparungen von mindestens 1-2% Materialverbrauch pro Projekt angesehen. Angestrebt werden von der ifu Hamburg ca. 20 Beratungsprojekte pro Jahr auf Basis der neuen Lösung. Der Umfang der Verkäufe von Software-Lizenzen an Dritte wird mit ca. 150 jährlich geplant. Der Einsatz der Lösung bei den Anwendern wird breite Einsparmaßnahmen ermöglichen.

Anwendungsszenario 1: Analyse mit Beraterunterstützung

Das produzierende Unternehmen der chemischen Industrie stellt Lacke und deren Vorprodukte her. Dabei finden Batchprozesse statt, eine Reihe von Lösemitteln werden eingesetzt, viele Reinigungsvorgänge der Mischbehälter kosten Zeit und Geld. Das Unternehmen entschließt sich daher mit einem Berater für Ressourceneffizienz zusammen zu arbeiten.

Das Unternehmen übergibt dem Berater eine Beschreibung und eine Zeichnung des Produktionsprozesses und einige Eckdaten. Der Berater baut daraus ein Modell am PC in dem die wesentlichen Stoff- und Energieströme modelliert sind. Um Ideen für verbesserte Szenarien berechnen zu können benötigt er weitere Daten. Er markiert in seinem Modell die Punkte mit fehlenden Daten und exportiert dann das Modell auf die Mobilplattform und schickt es an den Ansprechpartner im Unternehmen. Dieser kann dann mit dem Tablet durch die Produktion gehen, die Daten vor Ort ablesen oder erfragen, im Leitstand abfragen oder selbst aufnehmen durch Messung, Zählung, Wiegung.

Der Berater kann mit diesen Daten Verbesserungspotentiale bei den Material- und Energieströmen aufzeigen und diese Potentiale auch quantifizieren.

Anwendungsszenario 2: Eigenanalyse

Ein kleines oder mittleres produzierendes Unternehmen muss sich im internationalen Wettbewerb stetig weiter entwickeln. Eine wichtige Möglichkeit dazu sind Einsparungen bei Energie und Materialeinsatz. Ein Mitarbeiter des Unternehmens nutzt die neue mobile Anwendung für Analyse der Ressourceneffizienz. Dabei leitet ihn die Anwendung anhand eines generischen Prozessmodells durch die wichtigsten Schritte des Produktionsprozesses. Fragt Daten der Kernprozesse ab, aber auch der damit verbundenen Nebenprozesse. Immer mit dem Fokus des Einsatzes von Energie und Material für die Produktion der Produkte des Unternehmens.

Die Erfassung der Daten als Prozessmodell liefert schnell eine üblicherweise nicht vorhandene Transparenz der Prozesse und Verbräuche. Zusätzlich lässt sich eine Umweltbewertung und eine verursachungsgerechte Kostenberechnung von Verbräuchen und Abfällen machen.

Auf diese Weise und durch den Vergleich mit Best-Verfügbaren-Technologien kann der Mitarbeiter Potentiale erkennen und geeignete Maßnahmen vorschlagen oder aber eine vertiefte Analyse beauftragen. Darüber hinaus wird der Mitarbeiter durch die einfache und intuitive Bedienung motiviert seine Analysen weiterzuführen, da ihm die Arbeit mit der Anwendung Spaß bereitet.

Dieser Ansatz ist in die Breite gerichtet und nicht auf bestimmte Technologien oder Branchen limitiert. Es wird geschätzt, dass ein grundsätzliches Einsparpotenzial von 100 Mrd. €/a bei derzeit Materialkosten von 500 Mrd. €/a durch effizientere Produktionsabläufe erzielbar ist (Quelle: Deutsche Materialeffizienzagentur DEMEA).

Aktuell stellt die DEMA ein Einsparpotential von rund 200.000 € oder 2 % des Jahresumsatzes fest, wenn Ressourceneffizienzprojekte durchgeführt werden! (Quelle: Demea¹⁴)

Eine Abschätzung der dadurch entstehenden Umweltrelevanz lässt sich mit der Umweltökonomischen Gesamtrechnung vornehmen. Laut Destatis lagen im Jahr 2012 die CO₂-Emissionen für „Hergestellte Waren“ bei ca. 180.000 kT CO₂-Äquivalenten.

Setzen wir eine Marktdurchdringung von 0,1% an und gehen davon aus, dass also in jedem tausendsten Unternehmen aus den Projekten wiederum nur 2% Einsparpotential realisiert wird, dann ist das Potential immerhin 3600 t CO₂ Äquivalente pro Jahr.

Aus technologischer Sicht ergibt sich mit der mobilen Erfassung von Mengenflüssen an einer Produktionsanlage durch die entwickelte App des Weiteren der Vorteil, dass Ineffizienzen und Einsparpotentiale vor Ort oftmals besser erkannt und analysiert werden können, als an einem festen Arbeitsplatz, da das Know-How vor Ort effizient abgefragt werden kann. Hierbei spielen aus Erfahrungswerten der Projektbeteiligten Visualisierungen wie die Sankey-Darstellung eine wichtige Rolle. Der Benutzer kann die Daten direkt in der mobilen Anwendung nutzen oder auf dem Arbeitsplatzrechner weiterverarbeiten.

3.3 Kooperationen

Die Kooperation zwischen den Projektpartnern ifu Hamburg GmbH, HTW Berlin und dem PIUS-Netzwerk-Deutschland wurde in Bezug auf die Entwicklungstätigkeiten in der Art und Weise, wie sie im Antrag beschrieben wurde, durchgeführt (regelmäßige Treffen, Fachgespräche).

Die **ifu Hamburg GmbH** fungierte als Antragsteller und Projektkoordinator. In diesem Rahmen hatte sie die Abstimmung der Projektpartner vorgenommen und das Projektcontrolling durchführt. Bei der Erarbeitung der Projektergebnisse hat sie das Know-How zur Visualisierung von Prozessen durch e!Sankey und das Know-How zum Stoffstrommanagement mit Umberto eingebracht und die Erstellung der mobilen Visualisierungskomponenten gemeinsam mit der HTW umgesetzt.

¹⁴ http://www.innovation-beratung-foerderung.de/INNO/Redaktion/DE/Downloads/Unterlagen_go-inno/go-effizient_faktenblatt_rohstoff_materialeffizienz.html abgerufen am 23.02.2017.

Die **HTW Berlin** übernahm die Konzeptionierung und Implementierung der mobilen Anwendungen zur Datenerfassung und -darstellung. Aufgrund in der Vergangenheit durchgeführter Forschungsprojekte, verfügte sie bereits über eine modular erweiterbare Serverkomponente (OpenResKit HUB) incl. Datenschnittstellen sowie über das nötige Know-How zur Erstellung mobiler Anwendungen.

Mit der **Novapax Kunststofftechnik Steiner GmbH & Co. KG** konnte der entwickelte Prototyp bereits unter Realbedingungen eingesetzt werden. Novapax setzt seit längerem e!Sankey zur Visualisierung von Stoffströmen ein und verfügt daneben über einen OpenResKit Hub, welcher zum Speichern verschiedener umweltrelevanter Daten genutzt wird. Dabei werden u.a. Zählerdaten mit einer entsprechenden mobilen App erfasst und persistiert. Dank der Erweiterung des OpenResKit Hubs um die Synchronisationskomponente, konnte das Zusammenspiel zwischen mobiler und stationärer Anwendung sowie dem OpenResKit Hub erfolgreich erprobt werden. Die Novapax Kunststofftechnik Steiner GmbH & Co. KG hat großes Interesse an der Lösung bekundet und wird auch zukünftig für eine Zusammenarbeit bereitstehen.

Durch die guten Kontakte des **PIUS-Netzwerk-Deutschland** hatten dieses einerseits die Aufgabe KMU für die Pilotierung der Ergebnisse dieses Forschungsprojekts zu gewinnen und andererseits über die bundesweite Vernetzung mit Fachinstitutionen und Dienstleistern eine Breitenwirkung der Ergebnisse zu erzielen. Außerdem konnte das PIUS-Netzwerk-Deutschland seinen großen Erfahrungsschatz im Bereich Stoffstromanalyse in KMU bei der Umsetzung des Projekts einbringen.

3.4 Publikationen

Ein Beitrag mit dem Titel: „MOPS - Aktuelle Entwicklungstendenzen bei der mobilen softwaretechnischen Unterstützung eines prozessorientierten Stoffstrommanagements in KMU “ wurde beim jährlichen Workshop (8. BUIS-Tage in Berlin) der Fachgruppe Betriebliche Umweltinformationssysteme des Fachausschuss Umweltinformatik der Gesellschaft für Informatik eingereicht, präsentiert und veröffentlicht.

Eine weitere Veröffentlichung mit dem Titel: „MOPS - Mobile Unterstützung eines prozessorientierten Stoffstrommanagements in KMU“ wurde auf der Tagung Informatik 2016 auf dem UINW Workshop 2016 der Fachgruppe Umweltinformatik der Gesellschaft für Informatik eingereicht, präsentiert und veröffentlicht.

4 Fazit

Insgesamt wird das Forschungsprojekt als Erfolg gesehen, da als Gesamtergebnis ein Werkzeug bereitgestellt wird, welches es ermöglicht Mengenflüsse mobil an einer Produktionsanlage zu erfassen, sodass Ineffizienzen und Einsparpotenziale bereits vor Ort erkannt und analysiert werden können. Denn hier kann das Know-How vor Ort effizient abgefragt werden, im Gegensatz zu einem festen Arbeitsplatz.

Mit dem Prototyp dieser Anwendung konnte eine Software entwickelt werden, die viele erfolgsversprechende Ansätze aufweist, die in Zukunft fortgeführt werden können. Hierzu gehört u.a. das Konzept um die Methode der Materialflusskostenrechnung (engl. Material Flow Cost Accounting, kurz MFCA) zu ergänzen. Die Materialflusskostenrechnung ist eine ISO-normierte und zunehmend etablierte Methode, um die Effizienz von Produktionsprozessen im Hinblick auf Materialverluste („Material Losses“) zu bewerten. Dabei wird jeglicher Output, der nicht im gewünschten Produkt landet, als Verlust betrachtet. In jedem Produktionsschritt werden die Aufwendungen (Energie, Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffe) aufwandsgerecht auf die gewünschten und unerwünschten Produkte aufgeteilt. Dadurch kann der wahre Wert von Abfällen ermittelt werden. Durch die Kombination von monetärer Bewertung mit einer Klimabewertung der Materialverluste werden für die Unternehmen wertvolle Informationen zur Entscheidungsunterstützung geliefert.

Was zum heutigen Zeitpunkt noch nicht konstatiert werden kann, ist die Frage, ob durch die Nutzung der Software die Einstiegshürde für eine Transparenzsteigerung der Produktionsprozesse verringert wird. Um dies zu verifizieren ist die Anwendung zunächst in die Test-Phase zu überführen. Hierzu gilt es, über die Projektbeteiligten, den Kontakt zu den

passenden Unternehmen herzustellen und durch diese die Anwendung unter realen Bedingungen zu testen. Etwaige Verbesserungsvorschläge bzw. Anmerkungen oder Fehler sollen entsprechend in die weitere Entwicklung der Anwendung einfließen und diese kontinuierlich verbessern.

Mit der entwickelten Anwendung wird ein leistungs- und ausbaufähiges Werkzeug zur Erschließung der Ressourceneffizienzpotenziale in KMU bereitgestellt. Damit soll ein entscheidender Beitrag zur Erreichung der angestrebten Klimaschutzziele Deutschlands beigesteuert werden. Um dies zu realisieren, bedarf es einer praktischen und technischen Erweiterung der Software.

Literaturverzeichnis

- [BB00] Bullinger, H., Beucker, S.: Stoffstrommanagement und Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS) liefern neue Impulse für das Umweltcontrolling. In H. Bullinger, S. Beucker, Stoffstrommanagement Erfolgsfaktor für den betrieblichen Umweltschutz. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, S. 1-18, 2000.
- [BU16] Bundesregierung: Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/077/1807777.pdf>, Stand: 22.02.2017.
- [BW09] Brüggemann, A., Wied, T.: Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen. In Perspektive Zukunftsfähigkeit – Steigerung der Rohstoff- und Materialeffizienz (S. 33ff). KfW Bankengruppe, Frankfurt am Main, S. 41f, 2009.
- [Cr11] Crönertz, O.: Stoffstromorientiertes Kostenmanagement - Evaluierung, Erprobung, und Weiterentwicklung der material- und energieflussorientierten Kostenrechnung. Verlag Dr. Kovac, Hamburg, S. 66ff, 2011.
- [EP09] EPA, U. S.: EPA. Abgerufen am 12.05.2016 von The Environmental Professionals Guide to Lean Six Sigma: <http://www.epa.gov>, 2009.
- [HB02] Heck, P.; Bemmann, U.: Praxishandbuch Stoffstrommanagement: Strategien – Umsetzung – Anwendung in Unternehmen, Kommunen, Behörden. Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln, 2002.
- [Pe10] Person, N., Krehahn, P., Ziep, T., & Wohlgemuth, V. (2010). Prototypische Umsetzung einer mobilen open-source Applikation zur Material Stream Mapping Methode. In E. 2010, Integration of Environmental Information in Europe. Cologne/Bonn: Shaker Verlag.
- [Pr09] Preuß, A. (2/2009). Material Games - Materialeffizienz drückt Kosten im Mittelstand. Watt KONTEXT.
- [Re10] Reif, W.: Ressourceneffizienz und die mögliche Rolle einer Industrie- und Handelskammer anhand des MESOR-Netzwerkes. UmweltWirtschafts Forum 18, S. 229-236, 2010.
- [VD11] VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH: Umsetzung von Ressourceneffizienz-Maßnahmen in KMU und ihre Treiber. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, Berlin, 2011.
- [Wo10] Wohlgemuth, V., Krehahn, P., Ziep, T.: Mobile Anwendungen als Datenquelle für das Stoffstrommanagement. In W. Abramowicz, R. Alt, K.-P. Fähnrich, B. Franczyk, & L. Maciaszek, Informatik 2010 - Proceedings. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 306 – 313, 2010.