Heinrich C. Mayr, Martin Pinzger (Hrsg.): INFORMATIK 2016,
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2016 1263

MOPS - Mobile Unterstützung eines prozessorientierten Stoffstrommanagements in KMU

Maximilian Schneider[1], Volker Wohlgemuth[2]

Abstract: Der vorliegende Beitrag beschreibt die Zielsetzung und Konzeption einer mobilen Anwendung zur Unterstützung des prozessorientierten Stoffstrommanagements in kleinen und mittleren Unternehmen. Mit Hilfe von Sankey-Diagrammen sollen Fragen der Ressourceneffizienz in produzierenden Unternehmen durch eine einfache vor Ort Veranschaulichung von Material- und Energieströmen realisiert und des Weiteren die Einstiegshürde für eine Transparenzsteigerung der Produktionsprozesse verringert werden, indem die Vorteile der mobilen Erfassung von Stoff- und Energieströmen an einer Produktionsanlage genutzt werden.

Keywords: Stoffstrommanagement, Stoffstromvisualisierung, Prozessoptimierung, Sankey-Diagramm, KMU, Hybrid-App

1 Motivation und Zielsetzung

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

[1] HTW Berlin, Fachbereich 2 – Betriebliche Umweltinformatik, Wilhelminenhofstr. 75 A, 12459 Berlin, Maximilian.Schneider@htw-berlin.de
[2] HTW Berlin, Fachbereich 2 – Betriebliche Umweltinformatik, Wilhelminenhofstr. 75 A, 12459 Berlin, Volker.Wohlgemuth@htw-berlin.de

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. 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.

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 zu unterstützen. Laut Erfahrungen der Autoren und der Projektpartner (ifu Hamburg und PIUS-Netzwerk[3]) setzen solche Effizienzanalysen außerdem eine aufwändige individuelle Beratung voraus. Bestehende Softwarelösungen zu dieser

[3] http://www.pius-netzwerk-deutschland.de/ Abgerufen am 12.05.2016.

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.

In diesem Forschungsvorhaben soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Interaktionsmöglichkeiten mobiler Apps bei der Datenerfassung hilfreich sein können oder an welchen Stellen eventuell Grenzen sichtbar werden. Ein weiterer Gegenstand der Untersuchung ist die Evaluierung der technologischen Möglichkeiten zur Darstellung von Sankey-Diagrammen in mobilen Anwendungen. 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.

2 Vision von MOPS

Im Projekt MOPS soll hierzu die mobile Datenerfassung 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 [Wo10]. 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 generell die Datenqualität erhöhen soll. Die mobile Erfassung stellt somit insbesondere für KMU eine Vereinfachung dar, für die die Datenerfassung bisher häufig zu komplex ist.

Der Einsatz mobiler Technologien soll ein interaktives, praxisorientiertes 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 das Nutzen 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.

Für den Kooperationspartner mit dem Projektpartner ifu Hamburg GmbH soll deren bereits langjährig existierende Desktopanwendung e!Sankey[4] um ein mobiles Pendant incl. Datenaustauschformat ergänzt werden. 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.

Die Projektergebnisse richten sich neben produzierenden KMU auch an beratende Ingenieure, Beratungsstellen und Netzwerke zum Thema Ressourceneffizienz. Durch die Nutzung der Software kann die erste Analyse eines produzierenden Betriebes unterstützt und vereinfacht werden, was eine signifikante Senkung der Kosten und kommunikationsstarke Ergebnisse ermöglicht. Dabei soll vor allem die konkrete softwaretechnische Umsetzung von der initialen Prozesserfassung bis zur Auswertung stoffstromrelevanter Daten unter Nutzung modernster Technologien überzeugen und damit den Einsatz fördern. Dadurch entsteht eine Optimierung und Harmonisierung der ökologischen und ökonomischen Säule der Nachhaltigkeit in der betrieblichen Praxis von KMU. Das Konzept der mobilen Erfassung der Prozessdaten und der Unterstützung von Rundgängen durch mobile Visualisierung dieser Daten kann somit die Einstiegshürden zur Umsetzung des Stoffstrommanagements senken, seine Akzeptanz erhöhen und somit zu mehr Effizienz im Mittelstand beitragen. Die mobile Software soll kostengünstig oder frei verfügbar sein, um die Nutzungshürden zu minimieren.

Durch die Umsetzung einer selbsterklärenden Software, die in praktisch allen produzierenden Unternehmen eingesetzt werden kann, wird erwartet, dass so eine große Breitenwirkung erreicht werden kann.

3 Umsetzung

Um einen Austausch von e!Sankey-Diagrammen zwischen der stationären und der mobilen Prozesserfassung zu realisieren, muss das bestehende .sankey-Format zu einem plattformunabhängigen Datenformat (sog. Rich Sankey Format) erweitert werden, mit dem zusätzliche Daten aus beliebigen Anwendungskontexten integriert und ggf.

[4] e!Sankey ist das führende Produkt auf dem Markt zur Visualisierung von Material, Energie und Kosten mit Hilfe von Sankey-Diagrammen. http://www.e-sankey.com/de/ Abgerufen am 12.05.2016.

durchgereicht werden können. Die in diesem Projekt entwickelte Anwendung reichert damit die strukturellen Daten, die als Sankey-Diagramm dargestellt werden, um die im Rahmen der Prozessdatenerfassung gesammelten Daten an. Das in einer Datei vorliegende Rich Sankey Dateiformat soll dann zunächst über ein Datenaustauschverzeichnis kommuniziert werden. Dies kann ein Cloud-Verzeichnis im Internet oder ein über den WebDAV-Standard eingebundenes Firmenverzeichnis sein (siehe Abbildung 1).

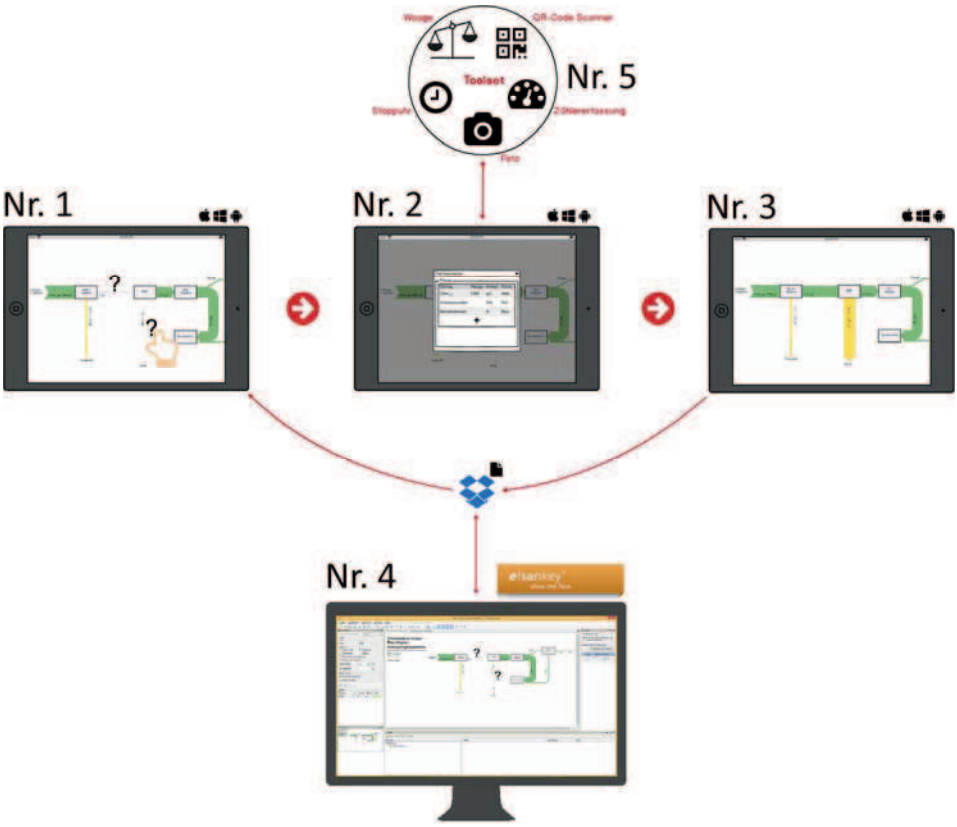

Abbildung 1: Ablaufschema der mobilen Anwendung in Interaktion mit der Desktopanwendung e!Sankey über einen Online-Datenspeicher

Folgende Szenarien zur Datenerfassung sind denkbar, wobei das zweite Beispiel gesondert in Abbildung 1 illustriert ist.

1. Die mobile Anwendung wird genutzt, um eine Stoffstromanalyse zu erstellen. Die Darstellung soll mittels Sankey-Diagrammen erfolgen. Hierbei werden 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. Dazu wählt der Anwender vor der Datenerfassung ein am Desktop-PC modelliertes Prozessmodell aus und beginnt mit der Sammlung der Daten. 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, jedoch sind die Daten noch unvollständig oder ungenau. Dieser Umstand soll durch die Fragezeichen angedeutet werden. Die mobile Anwendung wird verwendet, um die nicht vorliegenden Daten vor Ort zu sammeln bzw. zu präzisieren, in dem der entsprechende Materialfluss ausgewählt wird (Nr. 1). Im nächsten Schritt erfolgt dann die tatsächliche Dateneingabe (Nr. 2). Schließlich kann der Nutzer den nächsten Materialfluss ergänzen (Nr. 3). Die Nachbearbeitung erfolgt, wie in Szenario 1 auf der Desktop-Anwendung e!Sankey (Nr. 4). 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 oder die darin enthaltenen Daten werden aktualisiert. Im Unterschied zu den vorherigen Szenarien erfolgt nicht zwangsläufig eine neue Erfassung der Daten, sondern eine Validierung mittels einer Plausibilitätsprüfung oder durch Hinzunahme der Tools des mobilen Geräts (s.u.).

Die mobile Anwendung soll von den speziellen technischen Möglichkeiten mobiler Endgeräte Gebrauch machen. Durch GPS bzw. erweiterte Ortungsfunktionen können zum einen Informationen standortbezogen und kontextbezogen (Stichwort: Location-based Services) in der Produktion verortet werden, was später zur vereinfachten Lokalisierung der Datenquelle beitragen könnte.

Die mobile Erfassung soll durch komfortable Funktionen zum Messen der Stoffströme ergänzt werden. Z.B. könnte eine Stoppuhr 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 (Nr. 5).

Somit entsteht ein plattformübergreifendes Erfassungs- und Darstellungssystem von Stoffstromdaten mittels Sankey-Diagrammen, das bisher nicht vorhanden ist. Dieser Ansatz macht die Vorteile der Funktionen der klassischen Desktopanwendung e!Sankey

und von mobilen Diensten für einen vereinfachten Zugang zu Ressourceneffizienzpotentialen nutzbar. Der Einsatz von Tablets geht dabei zwangsweise mit einer Komplexitätsreduktion einher, da man sich auf wesentliche Daten bei der Erfassung von Stoff- und Energieströmen konzentrieren muss. Auf diese Weise können z.B. bereits vor Ort erste Prozesse identifiziert werden, die Optimierungsmöglichkeiten bieten.

Um ein möglichst breites Spektrum an Anwendern der mobilen Anwendung zu erreichen und dabei gleichzeitig den Arbeitsaufwand bei Entwicklung möglichst gering zu halten, wird eine Lösung, welche die Pattformen iOS, Android und Windows gleichermaßen bedient, angestrebt. Daher soll ein Softwareframework zum Einsatz kommen, das es erlaubt anhand einer Codebasis Apps für die verschiedenen genannten Plattformen umzusetzen. Dabei sind wesentlich entscheidend für die Wahl des Softwareframeworks die Nutzungsmöglichkeiten passender Grafikbibliotheken zur Darstellung von Sankey-Diagrammen. Nach Recherchen und prototypischer Umsetzungen der Autoren hat sich aus den drei Kombinationen von Xamarin[5] und GoXam[6] bzw. Ionic[7] und D3.js[8] die aus Ionic und GoJS[9] als am geeignetste Lösung herausgestellt.

Ionic

Das OpenSource Framework Ionic baut auf dem Framework Apache Cordova[10] 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 Single-Page-Application-Framework AngularJS[11], welches ein erprobtes und gut testbares Architekturgerüst der Anwendung vorgibt.

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

[5] https://www.xamarin.com/ Abgerufen am 12.05.2016.
[6] http://www.nwoods.com/products/goxam/ Abgerufen am 12.05.2016.
[7] http://ionicframework.com/ Abgerufen am 12.05.2016.
[8] https://d3js.org/ Abgerufen am 12.05.2016.
[9] http://gojs.net/ Abgerufen am 12.05.2016.
[10] https://cordova.apache.org/ Abgerufen am 12.05.2016.
[11] https://angularjs.org/ Abgerufen am 12.05.2016.

Vorteil von GoJS im Vergleich zu D3.js in der starken Anlehnung der Programmierschnittstelle an der in der e!Sankey-.Anwendung verwendeten Bibliothek GoDiagram[12]. 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.

4 Ausblick

Das vorgestellte Projekt hat das Ziel zu Ressourceneffizienzsteigerungen in KMU beizutragen. Dieses soll mit Hilfe einer mobilen Anwendung zur Datenerfassung und Visualisierung mit Sankey-Diagrammen an den Produktionsstätten erreicht werden. Zusätzliche Tools zur genaueren und validen Dateneingabe (Zähler, Waage, etc.) sollen ebenso zur Verfügung gestellt werden. Für weitergehende und detaillierte Analysen wird ein plattformunabhängiges Datenformat entwickelt (Rich Sankey Format).

Derzeit befindet sich die mobile Anwendung in einem noch frühen Entwicklungsstadium. Zwar können bereits die Darstellung der Sankey-Diagramme und die Zusammenführung der einzelnen Elemente rudimentär auf einem Tablet erfolgen sowie Material- und Energieflussdaten aus einer auf dem Rich Sankey Format basierende Datei ausgelesen sowie zurückgeschrieben werden, allerdings ist hier noch mit erheblichem Entwicklungsaufwand zu rechnen, da der komplexe Funktionsumfang zur Darstellung von Sankey-Diagrammen in e!Sankey nicht ohne, zum Teil erhebliche Anpassungen der Anwendungslogik an die zugrunde liegende technologische Basis erfolgen kann.

Des Weiteren umfassen die zukünftigen Arbeitspakete die Übertragung der MSM/eVSM-Methode auf die Anwendung und die Umsetzung der zusätzlichen Tools für die Begehung vor Ort. Die Einbindung eines zentralen Servers, der als Datenquelle wie auch -senke für die mobile Anwendung fungiert, ist ebenso geplant wie Usability-Tests im UxLab der HTW Berlin, welche der Optimierung der Gebrauchstauglichkeit der mobilen Anwendung dienen sollen.

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.

[12] http://www.nwoods.com/products/godiagram/ Abgerufen am 07.06.2016.

[BU16] Bundesregierung: Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/077/1807777.pdf, Stand: 06.06.2016.

[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.

[Re10] Reif, W.: Ressourceneffizienz und die mögliche Rolle einer Industrie- und Handelskammer anhand des MESOR-Netzwerkes. UmweltWirtschaftsForum 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.