

Konzeption eines betrieblichen Open-Source-Umweltinformationssystems zur Bewertung der Rohstoffverfügbarkeit

Ralph-Josef Andris, Stefan Bensch, Dennis Stindt

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, Production & Supply Chain Management,
Center for ERP Systems
Universität Augsburg
Universitätsstraße 16
86159 Augsburg
ralph.andris@wiwi.uni-augsburg.de
stefan.bensch@wiwi.uni-augsburg.de
dennis.stindt@wiwi.uni-augsburg.de

Abstract: Rohstoffe für neue Technologien sind von hoher ökonomischer Bedeutung und in ihrer Verfügbarkeit begrenzt. Gründe für eine begrenzte Verfügbarkeit sind politische Spannungen, Versorgungskonzentrationen oder eingeschränktes Potential für Substitution und Recycling. Die Berücksichtigung von Informationen zur Verfügbarkeit von Rohstoffen setzt die Abbildung dieser Informationen in betrieblichen Informationssystemen voraus. Es fehlt in Wissenschaft und Praxis an ganzheitlichen, integrierten Lösungen, durch deren Einsatz die Verfügbarkeit und Einschätzung nachhaltiger Entwicklungspfade unterstützt wird. Für die Bemessung einer nachhaltigen Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe wird ein Konzept betrieblicher Umweltinformationssysteme unter Berücksichtigung von Open-Source-Software entwickelt. Durch die Integration vorhandener IT-Systeme und Datenquellen wird eine bessere Einschätzung der Risiken ermöglicht. Der Beitrag zeigt ein IT-Architekturkonzept, das zur Bewertung der Verfügbarkeit von Rohstoffen und Handlungsoptionen im Ordnungsrahmen betrieblicher Umweltinformationssysteme als Open-Source-Lösung eingesetzt werden kann.

1 Problemstellung

Insbesondere Technologieunternehmen stehen vor dem Problem der mittel- bis langfristigen Verknappung wichtiger Rohstoffe. Funktionelle Baugruppen, wie sie in Steuergeräten, Antriebssystemen oder elektronischen Anlagen verbaut sind, können heute bis zu 40 kritische Rohstoffe enthalten [Th13]. Das Konzept der ‚Kritikalität‘ fasst die ganzheitliche Beschreibung der Verfügbarkeitsrisiken, sowie der ökologischen und ökonomischen Risiken zusammen. Ebenso werden die relevanten Faktoren identifiziert und es wird eine Aggregation mit dem Ziel einer Gesamtbeurteilung durchgeführt [Gr12], [Ac11]. Eine Verknappung einzelner Rohstoffe kann zu deutlichen

volkswirtschaftlichen und betrieblichen Verwerfungen führen [Bu09a], [US11]. Trotz dieses Bewusstseins fehlt es an belastbaren Informationen über die Kritikalität von Rohstoffen, die in Baugruppen enthalten sind. Gerade für kleine- und mittelständische Unternehmen (KMU) besteht zusätzlich das Problem der elektronischen Verfügbarkeit dieser Informationen. Open-Source Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme können zu diesem Zweck insbesondere für KMU als Chance gesehen werden [Tr09]. Allerdings fehlt es an generellen Konzepten, wie diese Informationen zur Kritikalität in betrieblichen Informationssystemen abzubilden sind.

Das Problem der Informationsverfügbarkeit ist typisch in der Forschung zu betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIS), als ein „organisatorisch-technisches System zur systematischen Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung umweltrelevanter Informationen in einem Betrieb“ [Ra99]. So ist eine automatisierte Verarbeitung von Life-Cycle-Assessment-Daten trotz standardisierter Ansätze im Umfeld betrieblicher Informationssysteme (ERP-Systeme) lediglich bedingt umsetzbar. Dieses Problem lässt sich auf eine semantische Lücke, eine nicht einheitlich strukturierte und eindeutig interpretierbare Form der zur Verfügung gestellten Daten, zurückführen [FN10]. Die begrenzte Verfügbarkeit von wichtigen Rohstoffen ist durch die hohe Komplexität des Untersuchungsgegenstands und –rahmens beeinflusst. Der Methodenpluralismus beteiligter Wissenschaftsdisziplinen (Materialwissenschaften, Naturwissenschaften, (Wirtschafts-)Informatik u.a.) einerseits und die im praktischen Einsatz beteiligten Funktionsbereiche (insbesondere in der Beschaffungsfunktion und Produktentwicklung), beeinflussen die Gestaltung erforderlicher Systeme.

Ein Open-Source-Software-Konzept zur Bemessung der Verfügbarkeit von Rohstoffen, das Unternehmen insbesondere in der Beschaffungsfunktion und Produktentwicklung unterstützt, ist für Wissenschaft und Unternehmen von Bedeutung. Nachhaltige Entwicklungspfade bestehen für die Beschaffung, sowie für die Produktentwicklungsabteilung. Die Beschaffungsfunktion wird einerseits vor die Herausforderung gestellt, mit Absicherungskäufen oder Kreislaufwirtschaftsstrategien auf die besondere Versorgungssituation zu reagieren. Die Produkt- und Entwicklungsabteilungen stehen bei knapper Verfügbarkeit von Rohstoffen vor der besonderen Herausforderung der Funktionssubstitution, der Neuentwicklung von Komponenten und dem Redesign.

Der Nutzen von BUIS ist derweil umstritten, da diesem hohe tangible und intangible Aufwendungen gegenüberstehen [Ju10]. Ferner fehlt es an Standardisierung. Die Idee der Konzeption eines Open-Source BUIS-Konzepts besteht indes föderiert für eine große Anzahl von beteiligten Unternehmen in der Informations- und Kommunikationssystem-Branche (IKT).

Eine systematische Auseinandersetzung mit BUIS und Open-Source-Software soll zukünftige Potentiale und Handlungsfelder für den Entwurf leistungsfähiger BUIS-Plattformen zur Unterstützung der Beschaffungsfunktion und Produktentwicklung aufzeigen. Dafür resultieren für den vorliegenden Beitrag zwei Kernfragen, denen grundsätzlich nach dem Design Science Paradigma für konstruktionsorientierte

Forschung, als eine anerkannte Methode der Informationssystemforschung [He04], [Pe07], nachgegangen wird:

Wie ist eine Open-Source BUIS-Konzept zur Einschätzung der Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe konzipiert?

Wie kann aktuellen Anforderungen begegnet werden und welche nicht hinreichend behandelten oder neuen Forschungsfragen können aus dem Ansatz identifiziert werden?

Damit soll aufgezeigt werden, ob die Gestaltung von BUIS Ansätzen mit Open-Source Software vorteilhaft und die Bereitstellung von Diensten für etablierte und zukünftige BUIS Technologien geeignet ist, um technischen und organisatorischen Herausforderungen im Beschaffungsmarkt und in der Produktentwicklung zu begegnen. In Kapitel 1 wird die Notwendigkeit der Untersuchung eines Open-Source BUIS-Konzepts motiviert. In Kapitel 2 wird systematisch der aktuelle Forschungsstand zu BUIS bezugnehmend zu eingesetzten Open-Source-Lösungen aufgezeigt. Ferner werden Aufgaben und Konzepte eines BUIS skizziert. Das Vorgehen wird in Kapitel 3 dokumentiert. Kapitel 4 stellt ein BUIS-Konzept zur Einschätzung der Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe als Open-Source-Lösung vor. Vor diesem Hintergrund werden in Kapitel 5 Schlussfolgerungen für Praxis und Forschung abgeleitet, bevor der Beitrag mit einer Zusammenfassung und der Darstellung des zukünftigen Forschungsbedarfs schließt (Kapitel 6).

2 Aktueller Forschungsstand – Architekturen betrieblicher Open-Source-Umweltinformationssystemen

In Wissenschaft und Praxis bestehen Ansätze für BUIS sowohl für eine überbetriebliche und ganzheitliche Berichterstattung, sowie zur Erarbeitung eines Umweltinformationsmanagements [TG10]. BUIS können drei verschiedenen Kategorien zugeordnet werden [TG10]. Berichts- und Auskunftssysteme dienen der externen Berichterstattung. Ökocontrollingsysteme werden für die betriebsinterne Entscheidungsvorbereitung eingesetzt. Produktionsnahe BUIS stellen Informationen zur ökoeffizienten Gestaltung der Produktionsprozesse bereit.

Für betriebswirtschaftliche Anwendungssysteme (ERP-Systeme) besteht eine Herausforderung darin, Funktionalitäten betrieblicher Umweltinformationssysteme zu integrieren. Die Integration ist durch die Tatsache motiviert, dass unternehmerisches Handeln durch die informatorische Absicherung in ERP-Systemen erfolgt [TG10]. Die Bereitstellung umweltrelevanter Informationen in ERP-Systemen und damit eine Integration in ERP-Systeme sind deshalb von großer Bedeutung. Im Rahmen einer Literaturanalyse haben Teuteberg & Straßenburg [TS09] im Wesentlichen festgestellt, dass vorhandene Lösungen nicht integrierbar sind und es an funktioneller Abdeckung fehlt.

Für das Problem der Beschaffung schwer verfügbarer Rohstoffe und der Berücksichtigung dieser im Produktions- und Produktentwicklungsprozess konnte bislang kein Konzept für die betriebsinterne Entscheidungsvorbereitung in der Wissensbasis ausgemacht werden.

2.1 Betriebliche Umweltinformationssysteme

Das Konzept betrieblicher Umweltinformationssysteme orientiert sich an der klassischen Data-Warehouse-Architektur. Unterschieden werden vier Ebenen. Betriebswirtschaftlich administrative Systeme (auch als operative Systeme bezeichnet), stellen Funktionen zur Verfügung, mit denen geschäftliche Transaktionen in Organisationen durchgeführt werden können. Derartige Systeme dienen im BUIS-Konzept als Datenquelle für Entscheidungen. Auf der Datenhaltungsebene werden neben relevanten Umweltdaten auch regulatorisch relevante Daten abgebildet. Die Module auf der Anwendungsebene sollen in dem Konzept den Wertschöpfungsprozess ganzheitlich unterstützen. Auf der Präsentationsebene werden Berichterstattungslösungen angeboten. Abbildung 1 zeigt das Konzept betrieblicher Umweltinformationssysteme. Eine Event-Engine kann selbstständig die Generierung von Berichten starten, sobald Umwelтанforderungen verletzt werden. Das Workflow-Management hält entsprechend reaktive Geschäftsprozesse vor. Teuteberg & Gómez [TG10] stellen ferner präventive Maßnahmen zur Verhinderung von drohenden Compliance-Verletzungen in Aussicht. Geschäftsprozesse können durch die Event-Engine angestoßen werden.

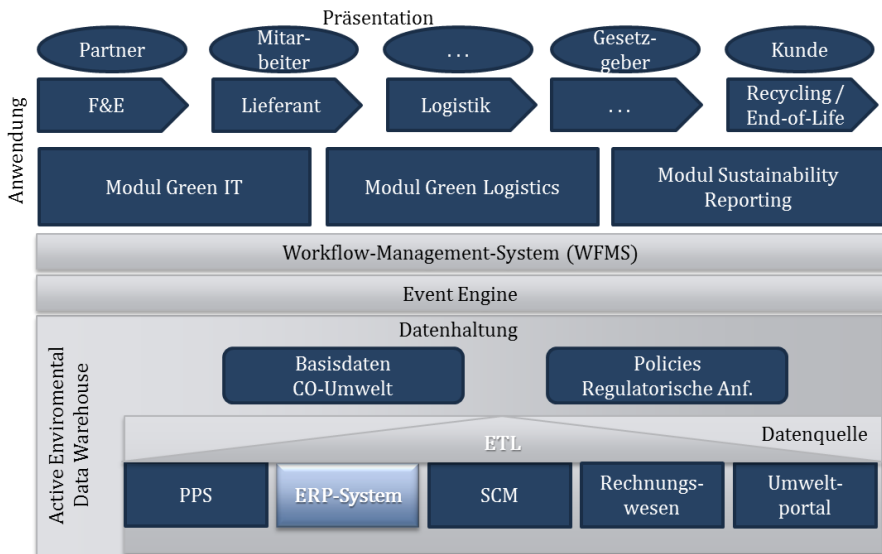


Abbildung 1: Architektur eines BUIS 2.0 [TG10] in Anlehnung an [TS09]

Für die Beschaffung schwer verfügbarer Materialien sieht das Referenzmodell kein Konzept vor. Die Adaption der Referenzarchitektur kann das Vorgehen zur Abbildung der Bewertungsaufgabe im BUIS-Konzept systematisch befruchten.

2.2 Open-Source für betriebliche Umweltinformationssysteme

Der Einsatz von Open-Source-Software in Unternehmen ermöglicht die Ausschöpfung vielfältiger Nutzenpotenziale. Bereits heute lässt sich eine Veränderung am Softwaremarkt feststellen, die sehr prägnant die Bedeutung von Open-Source in der betrieblichen Welt darstellt. Die Erwartungen, die an diese Form der Softwarelizenzierung geknüpft sind, betreffen im Wesentlichen die Reduzierung von Lizenzkosten, sowie die Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit der eingesetzten Systeme. Im Hinblick auf ein betriebliches Informationssystem spielen weitere Faktoren eine entscheidende Rolle, wie zum Beispiel offene Standards für die Kommunikation von Systemen und die Unabhängigkeit von Softwarelieferanten [Di09]. So müssen im Kontext einer Kritikalitätsbetrachtung diverse Datenquellen unternehmensspezifisch, ungeachtet von proprietären Limitationen, eingebunden werden. Des Weiteren, sind Entscheidungsregeln entsprechend der Präferenzen des Entscheiders auszugestalten.

Wie auch ERP-Systeme, galten Business Intelligence-Systeme (BI-Systeme) lange Zeit stets als teure, komplexe und schwer zu implementierende kommerzielle Produkte. Dies verhinderte, insbesondere bei KMUs, die Verbreitung integrierter Planungssysteme. Mit der Verbreitung erster Open-Source-Lösungen für diesen Bereich konnten Kostenprobleme und die „Blackbox“-Problematik, die der Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit entgegenwirkt, aufgelöst werden. Wichtige Geschäftsentscheidungen obliegen hierdurch nicht mehr nur den Softwareherstellern, sondern auf sie kann nun durch die vollständige Anpassbarkeit der Software im Unternehmen direkt Einfluss genommen werden [SC03].

Ausgehend von den voran skizzierten ersten Erkenntnissen soll der wissenschaftliche Stand der Technik zu Open-Source und betrieblichen Umweltinformationssystemen vergegenwärtigt und systematisch erhoben werden. Hierzu wurden im März 2013 etablierte Online-Datenbanken wie EbscoHost, ACM Portal, AIS Digital Library, IEEE Xplore sowie Google Scholar als allgemeine Suchmaschine für wissenschaftliche Arbeiten nach einschlägigen Suchstrings wie ((environmental management information systems) AND (open-source)) durchsucht. Der Fokus der Recherche lag auf Publikationen in englischer und deutscher Sprache, während die Suchstrings in abgekürzter und ausführlicher Form im Titel und in der Kurzfassung auftreten durften. Die Ergebnisse der Recherche sollen im Nachfolgenden zusammenfassend dargestellt werden.

Im Bereich der Open-Source BI-Systeme wurden in den letzten Jahren deutliche Fortschritte erzielt [Go09]. So existieren bereits einige Produkte, mit denen das Spektrum der BI-Instrumente beinahe vollständig abgebildet ist. Darüber hinaus decken die Systeme den vollständigen BI-Prozess ab, das heißt von der Datenmodellierung, über das Datenladen, hin zur vollständigen analytischen Berichterstattung mithilfe von Queries und Reports, Online Analytical Processing-Analysen (OLAP-Analysen) und

Data Mining-Ansätzen [GCD08]. Die bekanntesten Vertreter der Open-Source BI-Tools sind SpagoBI, OpenI, Pentaho, JasperSoft, Palo und Vanila [TB11]. SpagoBI bietet von allen Tools den größten Funktionsumfang und ist präzise nach dem idealtypischen BI-Analyse-Stack aufgebaut [GCD08]. Auch wenn Open-Source BI-Systeme nach dem gegenwärtigen Trend zunehmend Einzug in die betriebliche Systemlandschaft halten, wird in der Literatur betont, dass nach wie vor kommerzielle Closed Source-Systeme vorherrschend sind [TP05]. Dabei wird argumentiert, dass unterschiedliche Bestandteile der Systeme (Untergliederung in Datenbank-Management-Systeme (DBMS), Extraction-Transformation-Load-Tools (ETL-Tools), OLAP-Clients und OLAP-Server) im Hinblick auf die Nutzung von Open-Source-Varianten auch unterschiedlich stark vertreten sind; so treten ETL-Tools deutlich seltener als Open-Source-Variante auf, als beispielsweise die DBMS [TP05].

Versucht man Open-Source-BI-Systeme in einen Zusammenhang mit der informationellen Nachhaltigkeit als Grundlage für den nachhaltigen Umgang in den drei Feldern ökologische-, ökonomische- und soziale Nachhaltigkeit zu bringen, fällt auf, dass in diesem Bereich bislang nur wenige wissenschaftliche Beiträge, beginnend im Jahr 2004, geleistet wurden. Diese Beiträge entstammen fast ausschließlich dem deutschen Forschungsumfeld und offenbaren einen hohen Handlungsbedarf auf dem Weg zu einer größeren Verbreitung derartiger Systeme [SWP08], [PSW08], [Wo09]. So gibt es heute bereits einige Ansätze für betriebliche Umweltinformationssysteme, die jedoch aufgrund der häufig nicht vorhandenen Offenheit und dadurch erschwerten Erweiterbarkeit einer größeren Verbreitung selbst im Wege stehen. Dieser Problematik wird, insbesondere vor dem Hintergrund der komplexen und kontextabhängigen Herausforderung der Kritikalitätsbewertung, mit Hilfe von Open-Source-Systemen begegnet.

Aus funktionaler Sicht konnten Kriterien für die Auswahl und Evaluation von Open-Source-Systemen in KMUs ausgemacht werden [Tr09]. Technisch werden Mechanismen verschiedener betrieblicher Informationssystemarchitekturen besprochen. Ferner werden Architekturen, Kernkomponenten und Technologien zur Virtualisierung diskutiert, um Verbesserungen wie Performance, Verfügbarkeit und Skalierbarkeit von Technologien hervorzuheben, aber auch Risiken der Datenhaltung anzugehen [Nu09].

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein BUIS-Konzept im Rahmen von quelloffenen BI-Systemen umsetzbar und für KMUs, insbesondere zum Zweck der Kritikalitätsbewertung, geeignet ist.

3 Forschungsvorgehen

Im Vorgehen orientiert sich die Arbeit an den sieben Forschungsrichtlinien nach Hevner et al. [He04]. Für diese Methode ist ein iteratives Vorgehen mit abwechselnden Phasen der Konstruktion und Evaluation („build and evaluate“) charakteristisch. Im Folgenden wird das methodische Vorgehen anhand der sieben Designrichtlinien nach Hevner et al. [He04] in Beziehung gesetzt und das Vorgehen zur Konstruktion beschrieben.

Das Ziel ist die Entwicklung eines generischen BUIS zur Einschätzung der Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe als Open-Source Lösung. Für das wichtige, aktuelle und zukünftige Problem der Einschätzung der Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe besteht Bedarf in der Beschaffung und Produktentwicklung. Die Entwicklung unterliegt der stringenten Anwendung wissenschaftlicher Methoden. In der Schaffung wird das Modell der BUIS 2.0 als Referenzarchitektur der Modellkonstruktion nach den Richtlinien für gestaltungsorientierte Forschung angewendet. Das Artefakt ist das Ergebnis eines Suchprozesses, in dem Lösungen zur Rohstoffbewertung in die BUIS 2.0-Referenzarchitektur integriert, verfeinert und evaluiert werden. Hierfür werden wissenschaftliche Ansätze und in der Praxis etablierte Konzepte herangezogen, um auf Basis der verfügbaren Mittel ein akzeptables Ergebnis zu erreichen. Das Ergebnis stellt ein innovatives, zielgerichtetes Open-Source-BUIS dar, auf dessen Grundlage die Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe bewertet werden kann. Nutzen, Qualität und Effizienz des Artefakts werden methodisch argumentativ-deduktiv evaluiert. Der Beitrag strukturiert und erweitert den bisherigen Wissensstand zu Open-Source-BUIS für wichtige Rohstoffe in Beschaffungs- und Produktentwicklungsszenarien. Das Ergebnis liefert sowohl technologie- als auch managementorientiert einen Einblick in die komplexe Einschätzung schwer verfügbarer Rohstoffe als Open-Source-Software mit betrieblichen Informationssystemen.

4 Analyse und Gestaltung einer BUIS-Referenzarchitektur zur Bewertung von Rohstoffen

4.1 Analyse relevanter Datenquellen zur Bewertung von Rohstoffen

Ausgehend von der Anbindung betrieblicher Informationssysteme, in denen Materialstammdaten und Transaktionsdaten zur Beschaffung gespeichert sind, besteht das Problem der Abbildung von Informationen zur Bewertung der Verfügbarkeit von Materialien. Hierfür wird erstens die Spezifikation eines Materialstammbatts vorgeschlagen, dass die Abbildung relevanter Informationen für die betriebliche Beschaffung und Entwicklung von neuen Produkten berücksichtigt. Diese Informationen sind in aktuellen operativen betrieblichen Informationssystemen nicht vorhanden. Ein Überblick zu bestehenden Sichten gibt Abbildung 2 in Anlehnung an die führende, proprietäre SAP ERP 6.0 Lösung [FM13], [SA13]. Für die ganzheitliche Bewertung eines Materials sind Informationen zu der mittel- und langfristigen Verfügbarkeit der enthaltenen Rohstoffe notwendig.



Abbildung 2: Materialstammsatzerweiterung um umweltbedingte Verfügbarkeiten in Anlehnung an [FM13], [SA13]

Unternehmen sehen sich im Kontext knapper Ressourcen zwei Problemstellungen gegenüber. Zum einen ist die materielle Zusammensetzung der Baugruppen in vielen Fällen unbekannt, was eine Inhaltsstoffanalyse notwendig macht. Zum anderen ist die Bewertung der identifizierten Rohstoffe bezüglich ihres Verknappungsrisikos durchzuführen.

Insbesondere in KMUs besteht häufig Unsicherheit über die genutzten Rohstoffe bei zugekauften Baugruppen. Hier sind rohstoffliche Risiken kaum oder gar nicht transparent. Für fremdbezogene Baugruppen kommen grundsätzlich zwei Möglichkeiten in Frage:

1. Ein Produkt wird aus zugekauften Standardkomponenten gefertigt. Insbesondere in der Elektronikindustrie werden Produkte aus normierten Einzelbauteilen gefertigt. Aus dem ERP-System lassen sich in der Regel genaue Spezifikationen, Teilenummern und Informationen zu einzelnen Lieferanten beschaffen.
2. Ein Produkt wird aus zugekauften nicht-standardisierten Baugruppen individuell gefertigt. Hier besteht der größte Aufwand bezüglich der Inhaltsstoffanalyse. Eine Nutzung öffentlicher Datenbanken wird kaum zu belastbaren Ergebnissen führen.

Vor diesem Hintergrund besteht die erste Aufgabe eines BUIS zur Einschätzung der Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe darin, die in Bauteilen genutzten Rohstoffe zu identifizieren und diese Informationen für weitere Analysen zur Verfügung zu stellen. Grundsätzlich können eventuelle Datenlücken durch eine automatisierte Auswertung von Lebenszyklus- und Materialinformationsdatenbanken (LC- und Mat.-DB, z.B. EcoInvent, US Life Cycle Inventory Database, Internationales Material Daten System (IMDS)), interdisziplinäre Expertenpanels, Lieferkettenanalysen und Laboranalysen geschlossen werden. Mit dem Grad der Standardisierung des Bauteils sinkt der Aufwand der Inhaltsstoffanalyse. Eine hohe Standardisierung bedeutet, dass die erforderlichen Informationen stark automatisiert beschafft werden können. So können Informationen zu

derartigen Bauteilen (z.B. Kondensatoren) vielfach in LC- und Mat.-DB gefunden werden. Detaillierte Daten zur Materialzusammensetzung von Komponenten der deutschen Automobilindustrie können beispielsweise im IMDS abgefragt werden. Bei hoch individueller Zusammensetzung der Baugruppe müssen aufwändigere Verfahren genutzt werden, bis hin zur Laboranalyse potentiell kritischer Baugruppen.

Ist die Zusammensetzung der Bauteile bekannt, erfolgt die Bewertung der einzelnen, verbauten Rohstoffe. Sind die verwendeten Rohstoffe bekannt, erfolgt die Bewertung dieser. Zahlreiche aktuelle Studien befassen sich mit der generischen oder materialspezifischen Bewertung der Rohstoffverfügbarkeit. Eine Auswahl relevanter Studien wird in Tabelle 1 gegeben.

Die Kritikalität eines Rohstoffs wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Die Auswahl der relevanten Faktoren, deren Messung, die Gewichtung, sowie die Aggregation der Faktoren zu einem Gesamturteil ist in dem jungen Forschungsfeld noch umstritten. Im Rahmen eines Entscheidungsunterstützungssystems ist es vor diesem Hintergrund wichtig, die Bewertung transparent zu gestalten und Flexibilität hinsichtlich der Präferenzen des Entscheiders zuzulassen.

Quelle	Fokussierte Materialien	Anwendungen	Perspektive
[Ac11]	Cadmium, Kobalt, Gallium, Indium, etc.	Technologieprodukte	Volkswirtschaftlich
[Bu09b]	Kupfer, Eisen, Nickel, Zinn, Silber, Gold, Tantal, etc.	Mobiltelefone	Betrieblich
[Bu09a]	Energie- (Erdöl, Erdgas, Kohle), Metall- (Eisen, Stahl, Kupfer), Nichtmetall-rohstoffe (Salze, Steine)	Generisch	Volkswirtschaftlich
[Gr12]	Generisch	Generisch	Global, volkswirtschaftlich, betrieblich
[US11]	Seltene Erden, Cer, Indium, Lanthan, Tellur, etc.	Technologien für erneuerbare Energien (Windturbinen, Photovoltaik, etc.)	Volkswirtschaftlich

Tabelle 1: Materialspezifische Bewertung von Rohstoffverfügbarkeiten

Trotz der genannten Differenzen, scheint über einen großen Teil der zu betrachtenden Faktoren Einigkeit zu bestehen. Häufig genannte Faktoren sind unter anderem die geopolitische Konzentration der Vorkommen, sowie der verarbeitenden Unternehmen, die Substituierbarkeit und Rezyklierbarkeit des betrachteten Rohstoffs oder die politische Stabilität der Produktionsländer. Weniger häufig werden ökologische und gesellschaftliche Auswirkungen bei der Produktion und Verarbeitung des Rohstoffs einbezogen. Aus unternehmerischer Perspektive muss auch die Abhängigkeit des

Unternehmens von dem betrachteten Rohstoff (z.B. Umsatzanteil der Produkte, in denen der Rohstoff verarbeitet ist) in die Überlegung einbezogen werden.

Zu den einzelnen Faktoren sind entsprechende Informationsquellen zu identifizieren und möglichst automatisiert in das BUIS einzubinden. Die Eigenschaften der Informationen tragen zur Komplexität der Aufgabe bei und machen eine Unterstützung durch IS notwendig. Mit Blick auf die genannten Faktoren ist erkennbar, dass die Informationsstruktur ein weites Spektrum abdeckt. Die qualitativen als auch quantitativen Daten sind teilweise mit Unsicherheiten behaftet und größtenteils dynamisch. Die Anbindung entsprechend strukturierter Informationen aus Datenbanken, sowie unstrukturierter Daten ist eine zentrale Herausforderung. Informationen zur geopolitischen Konzentration, sowie Produktions- und Nachfragemengen können beispielsweise vom United States Geological Service (USGS) bezogen werden.

Auf Basis der Identifikation und Bewertung der genutzten Rohstoffe können Volkswirtschaften wie auch Unternehmen Handlungsalternativen analysieren und adäquate Maßnahmen ergreifen. Die Handlungsalternativen umfassen unter anderem Material- und Funktionssubstitution, Hedging, Lagerhaltung oder vertikale Integration.

4.2 Open-Source-BUIS zur Einschätzung der Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe

Die Architekturplanung ist ein entscheidender Teil eines Open-Source-Projekts. Im Rahmen der Architekturplanung werden Aussagen über die Anzahl der beteiligten Systeme und deren Zusammenwirkung getroffen. Es werden Datenflüsse aus technischer und fachlicher Sicht untersucht. Große Datenmengen, globale Verfügbarkeit und eine große Anzahl von Anwendern [Er10] machen es erforderlich diese Planung ganzheitlich vorzunehmen. Dieser Abschnitt soll den Gesamtblick auf die BUIS-Architektur mit Open-Source-Software vermitteln.

Zentrale Module eines Open-Source-Systems zur strategischen Unterstützung der Beschaffungsfunktion können in Anlehnung an die Architektur eines BUIS 2.0 nach [TG10] vorgenommen werden. Nach der Identifikation und Bewertung der Rohstoffe ist es Unternehmen möglich, bei der Beschaffungs- und Entwicklungsaufgabe von Produkten Handlungsalternativen zu bestimmen. Für die weitere Betrachtung ist es erforderlich ein BUIS zu entwickeln, das die Bewertung von Rohstoffen ermöglicht. Methoden der multidimensionalen Datenmodellierung können eingesetzt werden, um ausgehend von einem fachlichen Konzept zu einer technischen Implementierung zu gelangen.

Die Identifikation wichtiger Rohstoffe basiert sowohl auf einer Analyse betrieblicher Daten (Materialstammdaten, Stücklisten, Entwicklungsinformationen) als auch überbetrieblicher Daten. LC- und Mat.-DB, Expertenpanels und Laboruntersuchungen ergänzen die Materialstammdaten zu Analyse Zwecken und können durch die Extraktion analyserelevanter Daten aus Vorkonzepten geladen werden. Nach der Identifikation von schwer verfügbaren Rohstoffen sind diese hinsichtlich nachhaltiger Entwicklungspfade zu bewerten.

Der Zugriff auf die Quellsysteme erfolgt mit Hilfe freier Kommunikationsschnittstellen. Für die Abbildung der Aufgabe können Open-Source BI-Plattformen (beispielsweise SpagoBI, Pentaho oder JasperSoft) eingesetzt werden. Die Datenextraktion kann unter anderem über freie relationale Datenbankschnittstellen, XML-basiert oder über einen Webservice erfolgen. Ferner sind Third-Party-Tools zur Unterstützung der Extraktion einsetzbar. JasperETL, Pentaho Data Integration oder Talend Open Studio sind Module, die eine Extraktion in eine BI-Plattform erlauben [Go09]. In Abbildung 3 werden die klassischen Schichtebenen einer Data-Warehouse Architektur dargestellt und in Bezug auf die Bewertung wichtiger Datenquellen für Rohstoffe in das Konzept BUIS integriert. Hierfür wurden, einem hollistischen Ansatz folgend, mehrere in der Literatur identifizierte Evidenzen in das Ergebnis integriert. Die Abbildung zeigt eine 1:1-Zuordnung der Technologiestack-Unterstützung.

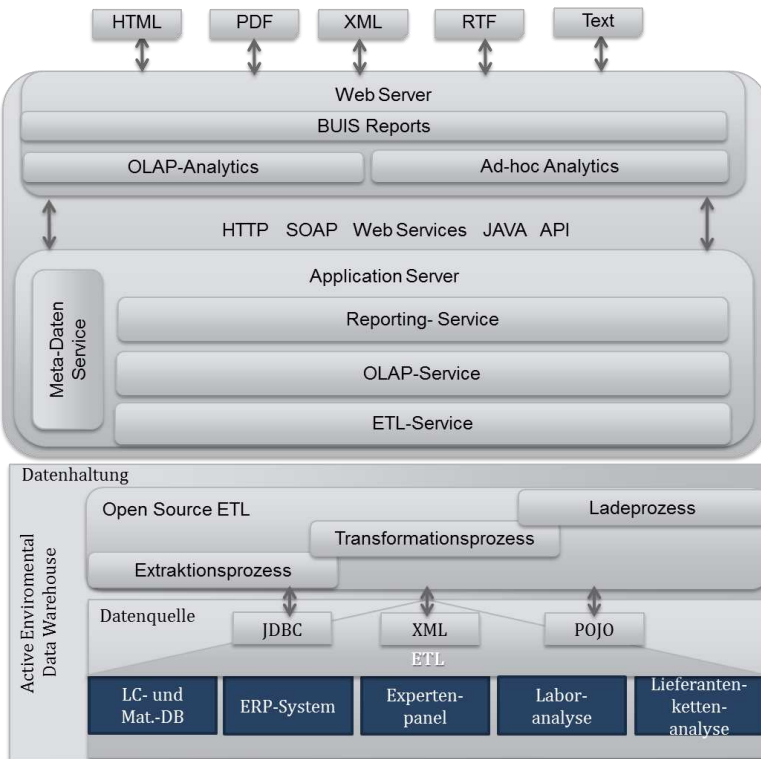


Abbildung 3: Open-Source BUIS-Plattform zur Bewertung von Rohstoffen

Eine zentrale wissenschaftliche Fragestellung stellt hierbei die Auswahl der Bewertungskriterien dar. Prinzipiell erfolgt die Bewertung nach ökonomischen und ökologischen Kriterien. Während die ökonomische Bewertung auf Preisrisiken und der Bewertung des Versorgungsrisikos beruht, beziehen ökologische Risiken alle Wertschöpfungsphasen, vom Abbau der Rohstoffe über die Aufbereitungs- und Verwendungsphase bis hin zur Dissipation ein.

5 Schlussfolgerungen für Anwendung und Forschung

5.1 Beitrag für die Praxis

Für die Datenquellen gilt, dass angebotene Dienste, Zuständigkeiten und Trägereinrichtungen systematisch zu ermitteln sind. Mit der Verdichtung der angebotenen Dienste soll der Versuch unternommen werden, Überlappungen und Konvergenzen zwischen dem Gesamtangebot herauszustellen. Hierfür können dokumentierte Funktionalitäten aus Diensten extrahiert, gegenübergestellt und im Rahmen einer Überdeckungsanalyse auf Divergenzen, Konvergenzen und Vollständigkeit überprüft werden. Identifizierte Dienste und Lücken im Angebot werden als Ergebnisartefakt aus der Überdeckungsanalyse abgeleitet. Dienste und Kernfunktionalitäten sind mit dem BI-Ansatz so interoperabel wie möglich zu gestalten. Zur Gewährleistung der Dienste ist eine technische Infrastruktur erforderlich. Basisdienstleistungen werden von den operativen betrieblichen IT-Infrastrukturen erbracht. Zur Gewährleistung des BUIS-Angebots ist die semantische Lücke zu schließen, die sich auf eine nicht einheitlich strukturierte Form der Daten bezieht. Das „Vokabular“ ist zu vereinheitlichen, sodass die technische Kommunikation reibungslos stattfinden kann [FN10]. Eine zentrale Herausforderung ist die Komposition polystrukturierter Daten im Rahmen der Datenrepräsentation in proprietären Informationssystemen. Dem kann in Open-Source-Systemen durch angepasste polymorphe Datenstrukturen begegnet werden. Ein Gestaltungsvorschlag könnte materialspezifische, flexible Datenblätter umfassen.

Im Einzelfall bleibt zu untersuchen, in welchem Umfang aus technischer Sicht IT-Services für den Mittelstand betrieben werden können. Dabei wird die Nutzung der Technologie durch die Reflektion der Dienste, bezogen auf die höheren Schichten (BI-Integration und -präsentation), bestimmt. Die Nutzung und Entwicklung von BUIS-Lösungen wird bei zunehmender Intensität aufbauend auf den Schnittstellen eines BUIS-Providers und den Entwicklungsumgebungen betrieben.

5.2 Beitrag für die Forschung

BUIS-Angebote werden häufig auf der Ebene klassifiziert, auf denen die einzelnen Dienste erbracht werden. Die typischen Ebenen wurden hierfür literaturbasiert systematisiert und dargestellt. Ferner wurden in einem BUIS-Konzept Datenquellen für die Beschaffung knapper Ressourcen expliziert. Die BUIS-Sicht wurde durch die Hinzunahme von LC- und Mat.-DB, Expertenpanels, Laboranalysedatenbanken und Lieferantenkettenganalyseprogrammen hin zu einem Open-Source-BUIS-Konzept erweitert. Daraus können im Folgenden Anforderungen für Forschung und Anwendungsbereiche abgeleitet werden.

Die aktuellen Forschungsbemühungen im Rahmen der Kritikalitätsbewertung weisen zum Teil deutliche methodische Mängel und Intransparenz bezüglich der Beschaffung und Aggregation von Informationen auf. Die Informationssammlung erfolgt häufig unstrukturiert und weist eine geringe Nachvollziehbarkeit auf. Bezüglich der

Aggregation werden in der Regel gleichgewichtete Nutzwertanalysen oder nicht näher erläuterte Expertenurteile genutzt. Eine technische Umsetzung im Rahmen eines BUIS erfordert eine klare Definition der Informationsquellen. Des Weiteren muss die Aggregationslogik explizit formuliert werden. Hieraus resultieren eine klar definierte Datenbasis und transparente Entscheidungsregeln. Somit unterstützt das BUIS akademische sowie praktische Anwender, die Quellen für die Informationsbeschaffung eindeutig zu identifizieren, sowie die Aggregationslogik im Rahmen des IS transparent zu definieren.

Aus technischer Sicht ist in den nächsten Schritten zu prüfen, wie etablierte und zukünftige BUIS die Dienste im Rahmen von Open-Source Software bereitstellen können. Die Erforschung der technologischen Nutzung von Open-Source im BUIS steht allerdings noch ganz am Anfang. In verwandten Ansätzen zu serviceorientierten Architekturen und BI-Konzepten existieren bereits einige Publikationen, die übertragen auf Open-Source BUIS vielversprechend sind. Die Beiträge zu BUIS können die Erkenntnisgewinnung im Sinne dieser Arbeit befruchten. Ein Vergleich dieser Ansätze und die Übertragbarkeit stehen noch aus. Dieser und weitere Umstände können als ein Indiz für die noch mangelnde Reife in den verfügbaren Ansätzen gewertet werden.

6 Fazit und Ausblick

Im Beitrag wurden BUIS- und Open-Source-Konzepte analysiert, um auf Grundlage einer Referenzarchitektur einen Gestaltungsvorschlag zur Bewertung von Rohstoffen mit Open-Source-Ansätzen zu entwickeln. Die Nutzung von open-source-basierten BUIS im Untersuchungsbereich der Bewertung von Handlungsoptionen birgt erhebliche Vorteile gegenüber dem traditionellen Einsatz von BUIS und kann mehr als Kosten senken. Die hier abgeleiteten Potentiale und Anforderungen stellen eine föderierte Basis gerade für jene mittelständische Organisationen dar, die bisher Schwierigkeiten mit dem Betrieb und der Nutzung von BUIS und der Bewertung von Handlungsoptionen und der Erstellung sowie Bereitstellung von Content hatten. Die vorgeschlagene Integrationslösung ermöglicht Bündelungseffekte bei der Gestaltung von Handlungsoptionen. Derartige Anforderungen sind in vielen Szenarien der fehlende Grundstock zur nahtlosen Nutzung entscheidungsrelevanter Technologien in der betrieblichen Umweltinformationsnutzung.

Technisch können Dienste für die Bewertung von Rohstoffen in BUIS zu komplexen BI-Integrationsplattformen migriert werden, um den Anforderungen des gewählten Entscheidungsraums zu genügen. Die verschiedenen Ebenen umfassen dabei technologisch sowohl die Infrastruktur samt Quellsystemen zum Betrieb von BUIS-Anwendungen und -Dienste. Die Architekturschichten haben das Potential, um aus einer Mischung von Diensten BUIS-Plattformen im Sinne des Umweltinformationsmanagements zusammenzusetzen.

Hinsichtlich der aktuellen und zukünftigen Forschung ist im nächsten Schritt zu untersuchen, wie die semantische Lücke zur Klärung des Datenmodells und der Erweiterung von Materialstammsätze zu beschreiben ist. An dieser Stelle kann

beispielsweise eine Studie in einem interdisziplinären Forschungsteam, bestehend aus Materialwissenschaftlern, Physikern, Einkäufern, Entwicklern und Informatikern, durchgeführt werden, um diese Daten einer algorithmischen Verarbeitung zugänglich zu machen. Hierfür bietet sich der Einsatz neuer domänenspezifischer Ontologien an, um eine Wissensbasis für die Verknüpfung von Materialstammdaten und betrieblichen Umweltdaten zu ermöglichen. Mithilfe dieser intelligenten und netzbasierten Datenstrukturen könnten die verteilten, heterogenen und komplexen Informationen integriert werden [Gr93], [Ra10].

Literaturverzeichnis

- [Ac11] Achzet, B. et al.: Materials critical to the energy industry. An introduction, 2011.
- [Bu09a] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Bundesrepublik Deutschland, Rohstoffsituation 2008, Hannover, 2009a.
- [Bu09b] Bublies, T. et al.: The Mobile Phone - Powerful Communicator and Potential Metal Dissipator. In GAIA, 2009b; S. 127–135.
- [Di09] Diedrich, O.: Trendstudie Open-Source.
<http://www.heise.de/open/artikel/Trendstudie-Open-Source-221696.html>, 10.05.2013.
- [Er10] Erek, K. et al.: Green IT im Rahmen eines nachhaltigen Informationsmanagements. In HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 2010; S. 65–73.
- [FM13] FME: Optimierung von Materialprozessen und -stammdaten in SAP.
<http://www.fme.de/technologien/erp/optimierung-von-materialprozessen-und-stammdaten-in-sap/>.
- [FN10] Funk, B.; Niemeyer, P.: Abbildung von Umweltwirkungen in betrieblichen Informationssystemen. Green Computing & Sustainability. In HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 2010; S. 37–46.
- [GCD08] Gioia, A.; Cazzin, G.; Damiani, E.: SpagoBI: A distinctive approach in Open-Source business intelligence. In Digital Ecosystems and Technologies, 2008; S. 592–595.
- [Go09] Golfarelli, M.: Open-Source BI Platforms: A Functional and Architectural Comparison. In Data Warehousing and Knowledge Discovery, 2009; S. 287–297.
- [Gr12] Graedel, T. E. et al.: Methodology of Metal Criticality Determination. In Environmental Science & Technology, 2012, 46; S. 1063–1070.
- [Gr93] Gruber, T.: Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In International Journal Human-Computer Studies, 1993; S. 907–928.
- [He04] Hevner, A. et al.: Design Science in Information Systems Research. In MIS Quarterly, 2004; S. 75–105.
- [Ju10] Junker, H.: Die Beliebbarkeit der Nachhaltigkeit in der betrieblichen Umweltinformatik. In HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 2010; S. 4–5.

- [Nu09] Nurmi, D. et al.: The Eucalyptus Open-Source Cloud-Computing System. In Cluster Computing and the Grid (CCGRID). 9th IEEE/ACM International Symposium, 2009; S. 124–131.
- [Pe07] Peffers, K. et al.: A Design Science Research Methodology for Information Systems Research, 2007, Journal of Management Information Systems; S. 54–77.
- [PSW08] Panic, D.; Schnackenbeck, T.; Wohlgemuth, V.: Erweiterung eines Open-Source-Rahmenwerkes um Simulationsfunktionalität für betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS). In Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften, 2008.
- [Ra10] Rapp, B. et al.: Ontologiebasierte Kaskadennutzung von Rohstoffen. In Green Computing & Sustainability, 2010; S. 47–55.
- [Ra99] Rautenstrauch, C.: Betriebliche Umweltinformationssysteme: Grundlagen, Konzepte und Systeme, 1999.
- [SA13] SAP: Materialstammdaten (SAP-Bibliothek - Einkauf (MM-PUR)). http://help.sap.com/saphelp_46c/helpdata/de/75/ee0af555c811d18990000e8322d00/content.htm.
- [SC03] Smets-Solanes, J.-P.; Carvalho, R. de: ERP5: a next-generation, open-source ERP architecture. In IT Professional, 2003, 5; S. 38–44.
- [SWP08] Schnackenbeck, T.; Wohlgemuth, V.; Panic, D.: Entwicklung eines Open-Source Software-Rahmenwerkes als Grundlage zur Implementierung von betrieblichen Umweltinformationssystemen (BUIS). In Konzepte, Anwendungen, Realisierungen und Entwicklungstendenzen betrieblicher Umweltinformationssysteme (BUIS), 2008; S. 13–26.
- [TB11] Tereso, M.; Bernardino, J.: Open-Source Business Intelligence Tools for SMEs. In Information Systems and Technologies (CISTI), 6th Iberian Conference, 2011.
- [TG10] Teuteberg, F.; Gómez, J.-M.: Status quo und Herausforderungen für BUIS der nächsten Generation. Green Computing & Sustainability. In HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 2010; S. 6–17.
- [Th13] Theis, T.: Energy-Conserving Classical Computation: Prospects and Challenges. http://pitpas1.phas.ubc.ca/varchive/asilomar/pitp_asilomar_theis.pdf.
- [TP05] Thomsen, C.; Pedersen, T. B.: A Survey of Open-Source Tools for Business Intelligence, 2005; S. 74–84.
- [Tr09] Trappe, D. J. et al.: Open-Source-Software für das Enterprise Resource Planning, Koblenz, 2009.
- [TS09] Teuteberg, F.; Straßenburg, J.: State of the art and future research in Environmental Management Information Systems - a systematic literature review. In Information Technologies in Environmental Engineering, 2009; S. 64–77.
- [US11] US Department of Energy: Critical Materials Strategy, 2011.
- [Wo09] Wohlgemuth, V. et al.: Conceptual Design and Implementation of a Toolkit Platform for the development of EMIS based on the Open-Source Plugin-Framework Empinia. In Environmental Informatics and Industrial Environmental Protection, 2009; S. 149–154.