

Green Stream Analysis – Ökologisch Lean

Eine Methode zur ökologischen Optimierung der Wertschöpfungskette

Jens Rieder,
Manfred Estler und
Fabian Kehle, Reutlingen

Lean Management ist eine weit verbreitete Methode zur Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette industrieller Güter. Die hier untersuchte Methode ergänzt die bestehenden Kennzahlen um einen ökologischen Aspekt und hebt bislang verborgene Potenziale in ungeahnter Höhe. Kunden profitieren von reduzierten Energiekosten und können bereits für anstehende ökologische Richtlinien, zum Beispiel einen PCF (Product Carbon Footprint), entscheidende Vorleistungen treffen.

Einleitung

Die Methode der Green Stream Analysis ist ein Ansatz, um ökologische und ökonomische Aspekte von Wertströmen miteinander zu verbinden. In der Wissenschaft werden beide Ansätze bislang (häufig) getrennt voneinander behandelt. Um die Klimaziele der EU bis 2050 zu erreichen, müssen ökologische Optimierungen nicht nur ein Marketingimage erzeugen, sondern ökonomisch in der breiten Masse der Unternehmen Akzeptanz finden. Aufbauend auf dem seit vielen Jahren in der Betriebswirtschaftslehre bekannten Wertstromdesign wird eine Supply Chain anhand der Primär- und Sekundärenergie untersucht und so Optimierungspotenzial aufgedeckt.

Die nachfolgend entwickelte Methodik ermöglicht mittels eines strukturierten Vorgehens zur Reduktion der produktrelevanten CO₂-Emissionen von Lieferketten unter Priorisierung klassischer Kennzahlen eine simultane Optimierung wirtschaftlichen und ökologischen Erfolges im Rahmen von Verbesserungsprojekten.

Im konkreten Anwendungsfall konnten Einsparpotenziale von bis zu 25 Prozent des Energiebedarfs in der Herstellung eines Produktes aufgezeigt werden. Eine Gesamtbetrachtung entlang der gesamten Supply Chain inklusive aller Transportwege ist nicht Bestandteil dieser Untersuchung. Die Erweiterung hin zu einer ganzheitlichen Betrachtung einer durchgängigen Lieferkette vom Rohstoff bis zum Endverbraucher ist direkt möglich.

Auf Grund der flexiblen Anwendung der Dokumentations- und Optimierungsstandards ist eine Übertragung der Methode auch auf Fragestellungen wie der Einsparung von Wasser oder der Vermeidung von Abfällen möglich.

Wirtschaftliche Betrachtung der Green Supply Chain? Fehlanzeige!

Die Reduktion von 95 Prozent aller THG-Emissionen bis 2050 innerhalb der EU ist ein herausforderndes Ziel. Insbesondere in Deutschland wird die Debatte der CO₂-Reglementierung seit Jahren auf unterschiedlichen Feldern geführt. In der produzierenden Industrie finden wir aktuell nur wenige Idealisten, die trotz fehlender gesetzlicher Vorgaben diesem Ziel entgegenstreben.

Im Fokus stehen hierbei der Ressourcenverbrauch und die hiermit gekoppelten CO₂-Emissionen. Trotz dieses steigenden Interesses gibt es bislang für die Produktion als einem der wesentlichen Elemente der Lieferkette keinen rechtlichen oder normativen Rahmen und nur geringe direkte wirtschaftliche Anreize, diese Faktoren zu optimieren. Umweltschutz ist de facto allein eine Frage des grünen Gewissens, nicht aber wirtschaftlicher Motivation. Dies zu ändern, erfordert eine ökonomische Komponente zu finden und zu nutzen. Dabei gilt es künftig zwei Stoßrichtungen zu verfolgen. Zum einen muss es darum gehen, Energie für die Produktion selbst und gleichzeitig nachhaltig zu erzeugen (z. B. mit

tels Photovoltaik) und diese dann auch durch Speichertechnologien dauerhaft nutzbar zu machen. Zum anderen müssen Produktionsprozesse hinsichtlich eines minimalen Energiebedarfs optimiert werden. Allein die reine Erzeugung regenerativer Energie ist zur Versorgung heutiger energieintensiver Prozesse nicht ausreichend. Darum müssen auch diese Prozesse kritisch betrachtet und auf den Prüfstand gestellt werden.

Nach dem Aufschwung der erneuerbaren Energien und der Begrenzung des CO₂-Ausstoßes innerhalb des Use-Cycle von Kraftfahrzeugen ist es nun unser Ziel, die „Green-Supply-Chain“ vom aktuellen Trendthema zur tatsächlichen Umsetzung zu bringen.

Grundlage der Green Stream Analysis ist das Wertstromdesign

Die Methode der Green Stream Analysis basiert auf den Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns, wodurch eine einheitliche Symbolik als Kommunikationsgrundlage geschaffen werden kann. Ferner ermöglicht dies, die Vorteile des Wertstromdesigns bezüglich der flexiblen Anwendbarkeit auf unterschiedliche Prozesse und Abschnitte der Lieferkette zu erweitern ([1], S. 3).

Orientierung an internationalen Standards

Um die notwendigen Standards zur Aufnahme von CO₂-Emissionen zu liefern,

basiert die Methode auf den Standards des CO₂-Footprint nach DIN 14040 mit DIN 14044. Auf Grund der weitgehenden inhaltlichen Deckungsgleichheit mit den international anerkannten Standards des Britischen PAS 2050 und des GHG-Protokolls steht auch einer internationalen Anwendung nichts im Wege ([2] S. 1 ff., [3] S. 7 ff.)

Innerhalb des Vorgehensmodells basiert die Methode auf den bekannten und bewährten Grundlagen des Wertstromdesigns. Hierbei erfolgt zunächst die Prozessaufnahme in Form der Wertstromanalyse inklusive der relevanten Kennzahlen, wie z. B. Prozessdauer oder Rüstzeit. Diesem Schritt folgt das Wertstromdesign auf Basis von definierten Richtlinien. Richtlinien stellen hierbei Handlungsempfehlungen für die Optimierung der Prozesse dar.

Die Green Stream Analysis kombiniert die klassische Herangehensweisen nach Rother und Shook mit dem ökologischen Modell nach Erlach und Westkämper (Bild 1) ([1] S. 3 ff., [4] S. 17 ff.). Die bisher übliche getrennte Betrachtung zwischen dem traditionellen Wertstromdesign und dem ökologischen Ansatz des Energiewertstromes führt in beiden Fällen in Konsequenz zu einer einseitigen Verbesserung der jeweiligen Kennzahlen.

Die Kombination dieser beiden Vorgehensweisen liefert daher trotz mangelnder fehlender gesetzlicher Anreize eine Option, Verbesserungen ökologischer Kennzahlen im Rahmen von traditionellen Optimierungsprojekten zu erzielen. Nachfolgend stellen die Autoren die Richtlinien dieser erweiterten Methode vor und liefern auf Basis einer Fallstudie eine Abschätzung möglicher Nutzenpotenziale im Hinblick auf traditionelle und ökologische Kennzahlen.

Green Stream Analysis als Methode zur ganzheitlichen Optimierung

Die entwickelten Richtlinien zur Optimierung gliedern sich in vier Dimensionen, welche jeweils unterschiedliche Elemente der Prozessoptimierung oder des Ressourcenverbrauchs adressieren. Diese werden im Folgenden separat vorgestellt (Bild 2).

Dimension der Prozessanalyse

Die erste Dimension stellt hierbei die Prozessanalyse dar, welche aus kombinierten Richtlinien zur Optimierung des

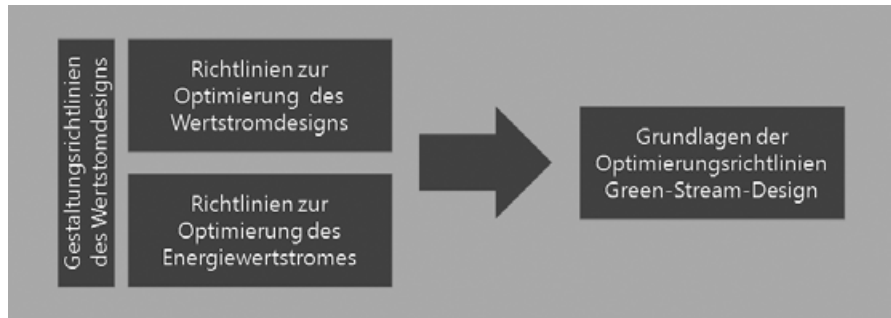


Bild 1. Übersicht der Grundlagen des „Green Stream Designs“

Wertstromes nach Rother und Shook mit den Richtlinien des Energiewertstromes nach Erlach und Westkämper besteht. Neben traditionellen Richtlinien, wie z. B. die Definition eines Schrittmacherprozesses, wird u. a. die Synchronisation von Maschinen an den Produktionstakt integriert. Durch diese Änderung gegenüber dem traditionellen Wertstromdesign werden bislang zu schnell und daher ineffizient betriebene Maschinen gedrosselt, um somit einen verbesserten Wirkungsgrad zu erzielen. Weitere Elemente, die hier zum Tragen kommen und bisherige Lean-Prinzipien unterstützen, sind zum Beispiel die Regionalisierung der Beschaffungsstruktur oder die Ermittlung einer energieoptimalen Fertigungssequenz ([1] S. 45 ff., [4] S. 53 ff.).

Dimension der Effizienzanalyse

Im Rahmen der Effizienzanalyse wird spezifisch auf den Faktor des Ressourcenverbrauchs geachtet. Hierbei integriert das Green-Stream-Design vollständig das Element der Reduktion des Ressourcenverbrauchs nach Erlach & Westkämper ([4] S. 56 ff, 76). Dieser Ansatz sieht vier Ansatzpunkte zur Reduktion des Energieverbrauchs bei Maschinen vor. Die Neubeschaffung nach aktuellem Stand der Technik und die Substitution der eingesetzten Produktionstechnologie stellen hierbei sicherlich die aufwendigsten

und kostenintensivsten Optionen dar. Deutlich günstiger ist der Komponententausch, welcher speziell für zum Beispiel elektrische Antriebselemente bereits große Wirkungen erzielen kann. Als letztes ist die Integration der Produktionsprozesse zu nennen, wodurch die Energieverbräuche unterstützender Funktionen, wie z. B. die Beladung durch einen Roboter, nur einmalig anfallen ([4] S. 56 ff, 63 ff.).

Dimension der Relationsanalyse

Die Relationsanalyse konzentriert sich nach der Optimierung der Prozessebene und der lokalen Energieeffizienz auf die Überlagerung der Verbrauchsmuster aller Maschinen zu einem Gesamtverbrauch. Die hierbei angewandten Richtlinien entstammen den Grundsätzen von Erlach und Westkämper, wobei die Green Stream Analysis, im Gegensatz zum ursprünglichen Ansatz, alle relevanten Ressourcen und nicht nur Energie, betrachtet ([4] S. 67 ff.). Große Potenziale zur Optimierung liefert hierbei die mehrfache Ressourcenverwendung, wofür zunächst Energiemuster der einzelnen Prozessschritte im zeitlichen Verlauf analysiert werden. Im Rahmen dieser Betrachtung erfolgt eine Gegenüberstellung ungenutzter Ressourcen, wie z. B. Abwärme, und dem Ressourcenbedarf von Verbrauchern. Mögliche Probleme, wie

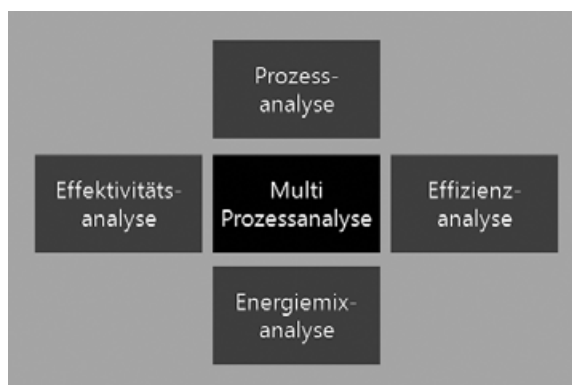


Bild 2. Dimensionen der Green Stream Analysis

z.B. die Umwandlung zwischen verschiedenen Energieträgern und den hierbei anfallenden Kosten, sind kritisch zu prüfen. Neben der Wiederverwendung von Energieressourcen zielt die Relati-onsanalyse auch auf die Glättung des aggregierten Energiemusters aller Verbraucher ab, um hierüber auftretende Spitzenverbräuche zu eliminieren. Da sich der Strompreis vieler industrieller Kunden nach der maximalen Leistungsaufnahme innerhalb eines Kalenderjahres bemisst, stellen schon kurzfristige hohe Leistungsspitzen ein enormes Problem dar. Diese kurzfristigen hohen Verbräuche führen in Konsequenz zu enormen wirtschaftlichen Mehrbelastungen, welche durch eine Glättung des Stromverbrauchs vermieden werden können ([4] S. 61ff, 67 ff.).

Dimension der Energiemixanalyse

Während sich die bisherigen Dimensionen der Methode auf die Reduktion oder Nivellierung des Energieverbrauchs konzentrieren, wird innerhalb der letzten Dimension der eingehende Energiemix betrachtet. Innerhalb der jeweiligen Energieträger werden bezüglich Kosten und Nutzen ökologische Alternativen geprüft. Abhängig von den Optimierungszielen können somit zum Beispiel durch Wechsel auf Ökostrom die anfallenden elektrisch bedingten CO₂-Emissionen reduziert oder sogar vollständig eliminiert werden. Eine Substitution mit anderen Energieträgern ist in dieser Dimension nicht vorgesehen, da diese im Rahmen der Effizienzanalyse als Substitution der Produktionstechnologie bereits vorher durchgeführt wurde.

Fallstudie mit Abschätzung der Potenziale bei der Anwendung

Im Rahmen eines Kundenprojekts der Prozessberatung Mieschke Hoffmann und Partner Gesellschaft für Management- und IT-Beratung mbH wurde eine Potenzialanalyse bezüglich möglicher Auswirkungen durchgeführt. Hierbei wurde separat für alle Optimierungsrichtlinien der beschriebenen Dimensionen eine Abschätzung auf Basis des real vorliegenden Fertigungs- und Montageprozesses durchgeführt und mögliche Auswirkungen auf die interne Durchlauf- und Lieferzeit, die benötigten Bestände, den elektrischen Energieverbrauch sowie die anfallenden Treibhausgasemissionen begutachtet. Hierdurch ist es mög-

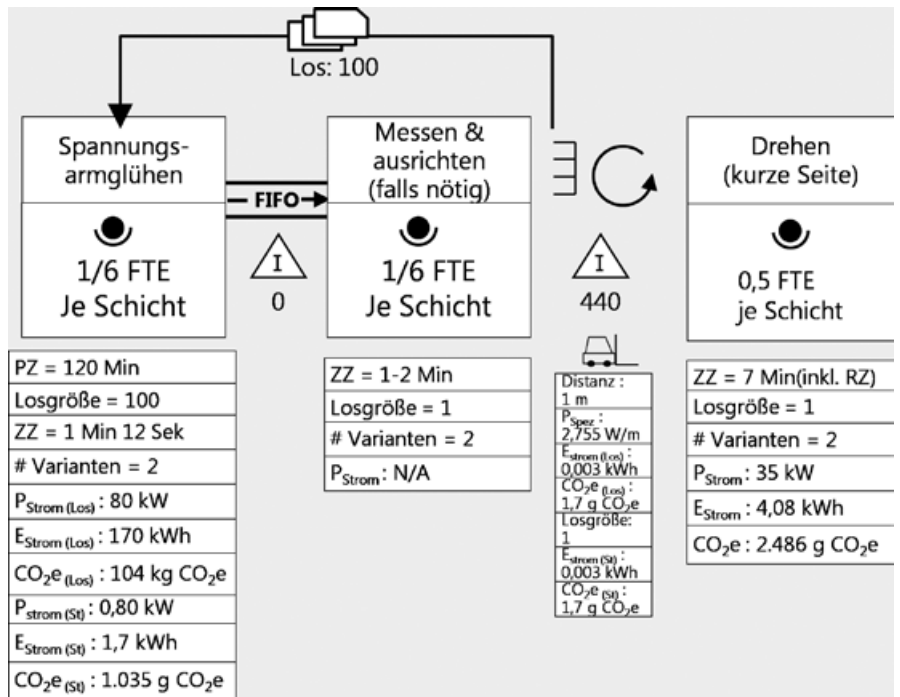


Bild 3. Ausschnitt des Wertstromes der Potentialanalyse - Status Quo

lich zu betrachten, ob zum einen ähnliche Erfolge wie bei einer klassischen Wertstromoptimierung erzielt und gleichzeitig ökologische Erfolge erzielt werden können.

Analysiert wurde der Herstellungsprozess einer gebogenen Welle beginnend mit dem ursprünglichen Biege- und Entgratungsprozess sowie dem notwendigen Zentrieren, Messen und Spannungsarmglühen. Nach einer vorläufigen Qualitätskontrolle wird diese gebogene Welle auf einer CNC-Drehbank und einer CNC-Fräse spanend bearbeitet und zuletzt ein Lager an das Rohteil montiert. Im Anschluss an die Qualitätskontrolle, das CNC-Drehen und das CNC-Fräsen sind jeweils längere Transportdistanzen notwendig, da der Prozess weitläufig über das großflächige Fabrikgelände verteilt ist. Der Prozess inklusive aller wesentlichen Kennzahlen ist in Bild 3 im Überblick dargestellt.

Energieeinsparung bei 25 %, Bestände um 62 % gesenkt

Bei der Optimierung im Rahmen der Dimension der Prozessanalyse sind sowohl auf Seiten der klassischen Kennzahlen wie auch im Bereich der hier angewandten ökologischen Kennzahlen deutliche Verbesserungen zu verzeichnen. Der Verbrauch an elektrischer Energie kann um 25 Prozent zurückgefahren werden, wo-

durch sich auch die betriebsintern anfallenden Treibhausgasemissionen um 21 Prozent reduzieren, da elektrische Energie den bei weitem größten Energieträger darstellt. Dies geschieht u. a. durch die Anpassung des Ofens zum Spannungsarmglühen an den Bedarf, da dieser zu Beginn der Analyse eine deutliche zu hohe Kapazität besitzt. Durch eine zeitweise Abschaltung und die Integration von Pufferbeständen kann die notwendige Energie und die hiermit gekoppelten Emissionen an Treibhausgasen eliminiert werden. Unter Annahme der Halbierung der externen Transportwege im Zuge der Regionalisierung der Beschaffungsstruktur werden auch die externen Treibhausgasemissionen gesenkt. Da die externen Emissionen jedoch im Wesentlichen von Emissionen im Rahmen von Gewinnung und Transport der eingehenden Rohmaterialien abhängen, können diese jedoch nur unwesentlich verringert werden. Die klassischen Kennzahlen liegen mit einer Reduktion der Durchlaufzeit von 68 Prozent, einer Senkung der wertstromrelevanten Umlaufbestände von 62 Prozent und einer Senkung der fertigungsbedingten Lieferzeit von 97 Prozent auf einem sehr guten Niveau.

Durch die Effizienzanalyse liegen im Falle des vorliegenden Wertstromes große Potenziale im Bereich eines ineffizienten Ofens zum Spannungsarmglühen von

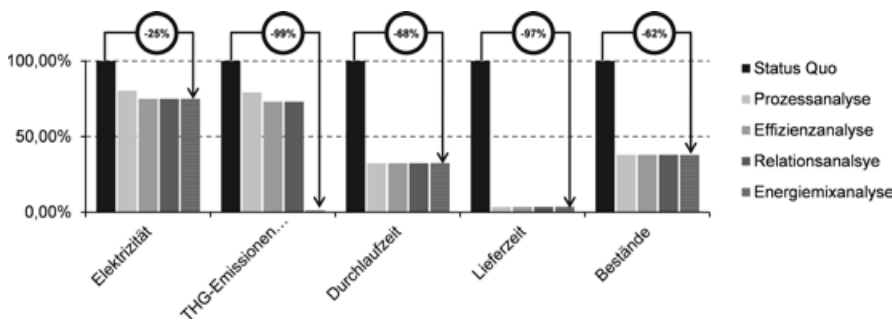


Bild 4. Ergebnisse der Green Stream Analysis

Metallstangen. Durch eine Modernisierung der alten Anlage ist es möglich, den Energieverbrauch dieses spezifischen Prozessschrittes um mehr als 40 Prozent zu reduzieren, wodurch die gesamten internen THG-Emissionen um weitere 6 Prozent gesenkt werden können. Auswirkungen auf klassische Produktionskennzahlen liefert dieses Vorgehen nicht.

Die Richtlinien der Relationsanalyse konzentrieren sich ebenfalls ausschließlich auf Aspekte des Energieverbrauchs. Innerhalb des vorliegenden Wertstromes haben sich jedoch keine Potenziale für eine mehrfache Verwendung von Energie, dem Energieausgleich zwischen Verbrauchern oder der Synchronisation von Energiebereitstellung und -verbrauch finden lassen. Diese Dimension hat daher innerhalb der vorliegenden Potenzialanalyse keine Auswirkungen.

Als letzte Dimension wird die eingebrachte Energie bezüglich möglicher Einflüsse auf ökologische Aspekte untersucht. Im vorliegenden Fall geht in den Fertigungsprozess nahezu ausschließlich elektrische Energie ein, wodurch die intern anfallenden energiebedingten CO₂-Emissionen vollständig eliminiert werden können. Die entsprechenden Mehrkosten für eine CO₂-neutrale Fertigung sind im Einzelfall zu prüfen. Hierbei kann es sich um den Wechsel des Energieversorgers handeln, aber auch die Installation einer eigenen Photovoltaik Anlage mit angeschlossener Batteriespeicher ist möglich.

In Bild 4 sind nachfolgend die Ergebnisse der betrachteten Kennzahlen in relativer Form dargestellt. Die Darstellung erfolgt akkumuliert für jede der vier Dimensionen der Optimierung verglichen mit dem Status Quo als Ausgangsszenario. Die dargestellten Prozentzahlen geben hierbei jeweils die finalen Einsparungen nach Anwendung aller Dimensionen der Green-Stream-Analysis wieder.

■ Schlussfolgerung

Die Anwendung der Green Stream Analysis auf einen einfachen Produktionsprozess hat enorme Einsparpotenziale identifiziert (vgl. Bild 4). Grundsätzlich ist anzumerken, dass ein Großteil dieser Einsparungen auch mittels klassischer Wertstromanalyse hätte erzielt werden können. Durch die neue Methodik konnten jedoch mit geringem Mehraufwand, signifikante Einsparungen im Bereich der Elektrizität (26 %) und produktionsbedingt entstehender THG-Emissionen, insbesondere CO₂ (99 %) identifiziert werden.

Analog zur klassischen Wertstromanalyse ist eine Erweiterung auf vorgelagerte Produktionsschritte und Lieferanten entlang der gesamten Supply Chain sinnvoll. Durch Ergänzung der Methode um weitere ökologische Faktoren wie Wasser oder Abfall, kann ein ganzheitlicher Product Carbon Footprint erstellt und weiteres Optimierungspotenzial ausgeschöpft werden.

Für den jeweiligen Anwender ergibt sich ein Mehrwert in folgenden drei Punkten:

- Energieeinsparung,
- Ermittlung von CO₂-Werten, als Grundlage für einen Product Carbon Footprint sowie
- Grundlage zur einfachen Identifikation weiterer Einsparpotenziale.

Als Fazit ist festzuhalten, dass eine Grüne Supply Chain nicht nur von Idealisten verfolgt werden muss, sondern zum einen Grundlage für sich abzeichnende gesetzliche Vorgaben seitens der Europäischen Union, Abteilung für nachhaltige Entwicklung, schafft und zum anderen wirtschaftliches bzw. monetäres Einsparpotenzial mit sich bringt.

Den Beitrag als PDF finden Sie unter:
www.zwf-online.de
 Dokumentennummer: ZW 111250

■ Literatur

1. Rother, M.; Shook, J.: Sehen lernen. The Lean Enterprise Institute. LOG_X_Verlag, Stuttgart 2000, S. 3 und S. 45 ff.
2. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006). Beuth Verlag, Berlin, 2009
3. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). (2013). Memorandum Product Carbon Footprint. Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
4. Erlach, K.; Westkämper, E.: Energiewertstrom – Der Weg zur energieeffizienten Fabrik. Fraunhofer-Verlag, Stuttgart 2009

■ Die Autoren dieses Beitrags

M.Sc. Jens Rieder, geb. 1989, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Production Management an der ESB Business School der Hochschule Reutlingen. Aktuell ist er tätig als Berater der Camelot Management Consultants AG in Mannheim. Zuvor hat er u. a. innerhalb der Porsche Consulting GmbH und der Prozessberatung MHP mehrjährige Erfahrung innerhalb der Prozessberatung gesammelt.

Prof. Dr.-Ing. Manfred Estler, geb. 1961, studierte Technische Kybernetik an der Universität Stuttgart. Nach der Promotion war er mehrere Jahre, zuletzt in leitender Funktion, bei der damaligen Degussa AG (heute: Evonik Industries) tätig. Im Jahre 2003 erfolgte der Wechsel an die Hochschule Reutlingen. Seine Lehr- und Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Qualitätsmanagement, Six Sigma und Lean Management.

M.Sc. Fabian Kehle, geb. 1981, studierte Innovationsmanagement. Er ist als Senior Professional bei Mieschke Hofmann und Partner tätig. Seine Aufgaben umfassen die Bereiche Produkt- und Innovationsmanagement, hierbei speziell das Gebiet Sustainable Mobility

■ Summary

Green Stream Analysis – Ecologically Lean: A Method for Optimizing Ecologically the Value chain. Lean management is a widely used method for optimizing the entire value chain of industrial goods. However, the case method complements the existing metrics to an ecological aspect and raises previously hidden potential in unimagined heights. Customers benefit from reduced energy costs and can already pending environmental policies, for example, a PCF (Product Carbon Footprint), take decisive inputs.