

Wertstromanalyse als Instrument zur Optimierung von Prozessen in der Serienfertigung

Abstract

Die Herwig-Blankertz-Schule Wolfhagen (Bereich Industriemechaniker/in) ist seit einigen Jahren an Modellversuchen beteiligt zur Entwicklung und Umsetzung einer arbeits- und geschäftsprozessorientierten Ausbildung. Im Volkswagenwerk Kassel werden zurzeit erhebliche Anstrengungen unternommen, um ein modifiziertes Modell eines *Ganzheitlichen Produktionssystems* (GPS) einzuführen. Parallel dazu sollen Elemente des GPS in die berufliche Erstausbildung durch das Projekt *GPSKomp* (Kompetenzentwicklung für ganzheitliche und standardisierte Produktionssysteme) integriert werden. Das Projekt *GPSKomp* ist in die aktuelle Curriculumentwicklung an der Berufsschule eingebunden und es werden GPS-Elemente in den schulischen Lehrplan für Industriemechaniker aufgenommen. Das GPS-Element „Verbesserungsprozesse“ ist ein wesentlicher Baustein von Produktionssystemen und bietet sich daher für eine didaktische Umsetzung im Rahmen des Lernfelds „Optimieren technischer Systeme“ an, zumal hier neben der Förderung der Fachkompetenz auch verstärkt die Entwicklung von überfachlichen Kompetenzen angestrebt wird. Eine Methode zur Realisierung betrieblicher Verbesserungsprozesse stellt die Wertstromanalyse (value stream design) dar, die daher als ein zentrales Element zur Gestaltung eines Unterrichtsprojekts genutzt wird. Die Projekteinführung erfolgt durch die Wertstromanalyse einer betrieblichen Produktionslinie aus dem Bereich der Zahnradfertigung. Die didaktische Umsetzung der Optimierungsmethode Wertstromanalyse erfolgt durch eine modellhafte Serienmontage im Berufsschulunterricht.

1 Einleitung

Im Volkswagenwerk Kassel werden erhebliche Anstrengungen unternommen, um ein modifiziertes volkswagenspezifisches Modell eines ganzheitlichen Produktionssystems einzuführen. Neben der beschleunigten Implementierung dieses Volkswagen Produktionssystems (VPS) in der Produktion sollen parallel Elemente des VPS in die berufliche Erstausbildung durch das Projekt *GPSKomp* (Kompetenzentwicklung für ganzheitliche und standardisierte Produktionssysteme) integriert werden (vgl. VOLLMER 2008). Die Herwig-Blankertz-Schule Wolfhagen – Bereich Industriemechaniker – ist seit einigen Jahren an Modellversuchen beteiligt, die das Ziel haben, die Entwicklung und Umsetzung einer arbeits- und geschäftsprozessorientierten Ausbildung voranzutreiben. Es war daher angestrebt, die Kollegen aus dem Ausbildungsbereich Industriemechaniker von Anfang an auch an dem Projekt *GPSKomp* zu beteiligen.

Das Projekt *GPSKomp* ist in die aktuelle Curriculumentwicklung an der Berufsschule eingebunden, indem Elemente des VPS für den schulischen Lehrplan für Industriemechaniker/in-

nen ausgewählt und anschließend umgesetzt werden. Gleichzeitig befruchtet die Mitarbeit an diesem Projekt die aktuelle schulische Diskussion um die Entwicklung von Kompetenzstandards.

Das VPS Element „Verbesserungsprozesse“ ist ein wesentliches Element von Produktionssystemen und bietet sich daher für eine didaktische Umsetzung im Rahmen des Lernfelds „Optimieren technischer Systeme“ an; zumal hier neben der Entwicklung von Fachkompetenz auch verstärkt die Entwicklung von Methodenkompetenz angestrebt wird. Eine Methode zur Umsetzung von betrieblichen Verbesserungsprozessen stellt die Wertstromanalyse dar und sie wird daher als ein zentrales Element zur Entwicklung eines Unterrichtsprojekts genutzt.

Die Wertstromanalyse (Value Stream Design) wurde als Methode zur Erhebung des Ist-Zustands in Produktionslinien der Serien – oder Massenfertigung und wurde zuerst als ein Element des Toyota Produktionssystems entwickelt (vgl. OHNO, 1993). Durch Wertstromanalysen werden Problemlagen und Verbesserungspotenziale innerhalb der untersuchten Produktionslinien identifiziert und visualisiert. Dabei werden einheitliche Symbole verwendet, um die Problemlagen darzustellen und die innerbetriebliche Kommunikation zu erleichtern. Die Wertstromanalyse gibt einen guten Überblick über den gesamten Wertstrom vom Lieferanten zum Kunden wobei Schwerpunkte auf Durchlaufzeit, Beständen innerhalb der Produktionslinie und Problemlagen innerhalb der Fertigungsprozesse liegen.

2 Wertstromanalyse einer Zahnradfertigung

Die Projekteinführung im Unterricht erfolgt durch die Wertstromanalyse einer betrieblichen Produktionslinie aus dem Bereich der Zahnradfertigung. Aus realen Wertstrom-Datenblättern (Tabellen 1 und 2) eines betrieblichen Optimierungsteams wird im Unterricht eine Wertstromanalyse entwickelt und grafisch dargestellt (Abb. 3). Die folgenden Tabellen wurden von einem Optimierungsteam im Werk nach der Analyse der entsprechenden Fertigungslinie erstellt. Sie bilden die Basis für eine Wertstromanalyse im Unterricht.

Tabelle 1: **Beispiel eines Wertstrom Datenblattes über den Prozess der Zahnradfertigung**

Wertstrom-Datenblatt Zahnradfertigung (Schaltrad xx/ Getriebe yy)
Fertigungsprozesse in der Grünfertigung: <ul style="list-style-type: none"> • Drehen • Fräsen • Entgraten • Schaben
Fertigungsprozesse in der Härterei: <ul style="list-style-type: none"> • Carbonitrieren
Fertigungsprozesse in der Hartfertigung: <ul style="list-style-type: none"> • Schleifen (Bohrung) • Honen (Verzahnung) • Schleifen (Kegel)
Kundenbedarf: <ul style="list-style-type: none"> • 2000 Stück/Tag (pro Monat 5 Varianten mit einer Verteilung von 50% Variante A, 20% Variante B, je 10% für die restlichen Varianten) • Versandbehälter mit 120 Stück, Härterei-Verpackung mit 100 Stück, tägliche Anlieferung per Stapler
Arbeitszeit: <ul style="list-style-type: none"> • 20 Tage pro Monat, 3 Schichten pro Tag, Schichtarbeitszeit 480 Minuten
Produktionsplanung: <ul style="list-style-type: none"> • Die Fertigungsplanung erhält vom Kunden eine 90/60/30-tägige Vorankündigung durch ein DV-System • Die Programmplanung leitet hieraus ein 4-Wochenprogramm und ein 1-Wochenprogramm für die Kostenstelle ab • Die Terminverfolger der Kostenstelle erstellen daraus eine Terminplanung auf Wochen- und Tagesbasis

Tabelle 2: **Informationen zur Erstellung einer Wertstromanalyse. Beispiel eines Wertstrom-Datenblattes über den Prozess der Zahnradfertigung**

Prozessinformationen	Arbeitsprozesse
4000 Schmiederohling 1 Mitarbeiter für die Grünfertigung <ul style="list-style-type: none"> geplante und mit MFU abgenommene Zykluszeit 35 Sek. wirkliche Rüstzeit 60 Min. 	Drehen <ul style="list-style-type: none"> Zykluszeit: 45 Sek. Rüstzeit: 30 Min. Maschinenzuverlässigkeit: 87%
	Fräsen <ul style="list-style-type: none"> Zykluszeit: 40 Sek. Rüstzeit: 35 Min. Maschinenzuverlässigkeit: 88%
	Entgraten <ul style="list-style-type: none"> Zykluszeit: 34 Sek. Rüstzeit: 25 Min. Maschinenzuverlässigkeit: 90%
Für das Rüsten wird ein Spezialwerkzeug benötigt, das bei einem Proberüsten nicht zur Verfügung stand. 2800 Zahnräder für die Härterei	Schaben <ul style="list-style-type: none"> Zykluszeit: 35 Sek. Rüstzeit: 45 Min. Maschinenzuverlässigkeit: 85%
3000 Zahnräder vor dem Ofen <ul style="list-style-type: none"> Durchlaufzeit 12,5 h Der Härtereiprozess wird nicht näher betrachtet. 2000 Zahnräder für die Hartfertigung 	Härterei – Carbonitrieren
12000 Zahnräder für die Hartfertigung 1 Mitarbeiter für die Hartfertigung	Schleifen der Bohrung <ul style="list-style-type: none"> Zykluszeit: 25 Sek. Rüstzeit: 4 Min. Maschinenzuverlässigkeit: 95%
	Honen der Verzahnung <ul style="list-style-type: none"> Zykluszeit: 31 Sek. Rüstzeit: 0,5 Min. Maschinenzuverlässigkeit: 88%
5800 Zahnräder für die Montage	Schleifen des Kegels <ul style="list-style-type: none"> Zykluszeit: 28 Sek. Rüstzeit: 14 Min. Maschinenzuverlässigkeit: 95%

Die Schüler zeichnen unter Anleitung des Lehrers zunächst den mittleren Bereich der Wertstromgrafik (siehe Abb. 1). Hier werden die einzelnen Fertigungsschritte Drehen, Fräsen usw. mit den jeweiligen Prozessdaten dargestellt. Anschließend wird die Prozesssteuerung im oberen Bereich der Grafik abgebildet. Im unteren Bereich der Grafik werden die jeweiligen Bestände angegeben und darunter die Bestände in Tage umgerechnet angezeigt. Abschließend werden einzelne „Problemwolken“ wie ZZ (Zykluszeit), RZ (Rüstzeit) oder Steuerung

sowie das Symbol „Brille“ (Bestände müssen oft nachkontrolliert werden) an entsprechender Stelle der Wertstromgrafik platziert.

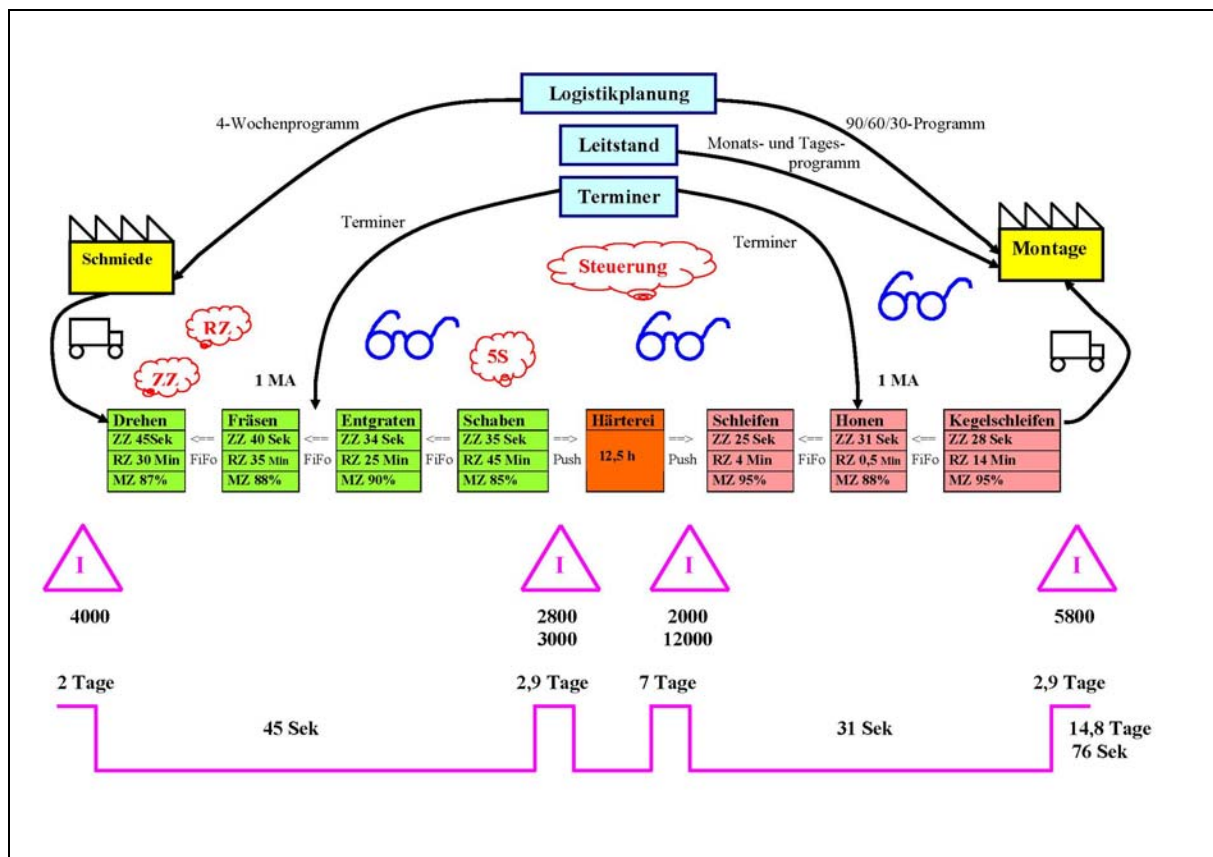


Abb. 1: Mit den Schülern entwickelte Wertstrom-Grafik für eine Zahnradfertigung

Nach der Fertigstellung der Grafik werden mit den Schülern die Ergebnisse diskutiert:

- Zunächst fallen die großen Bestände vor bzw. nach bestimmten Fertigungsschritten auf. Die Bestände bilden nicht nur totes Kapital, sondern erzeugen auch einen enormen Druck auf die entsprechenden Fertigungsbereiche.
- Die Grünfertigung (Fertigungsschritte vor dem Härten) drückt ihre Bestände in die Härterei (push) und die Härterei ihre Bestände wiederum in die Hartfertigung. Grünfertigung, Härterei und Hartfertigung haben durch die hohen Stückzahlen und Fertigungsvarianten ein erhebliches Logistikproblem. Das führt dazu, dass die Bestände ständig nachkontrolliert werden müssen (Problemwolke Steuerung und Brille), um den Produktionsprozess aufrecht zu erhalten.
- Die theoretisch notwendige Zykluszeit von 43,2 Sek. ($3 \times 480 \text{ min} / 2000 \text{ Teile}$) wird beim Drehen überschritten, was zwangsläufig zu Wochenendarbeitszeit führt. Beim

Drehen wird außerdem die theoretische Rüstzeit überschritten, was ebenso zu Wochenendarbeit führt.

- Beim Schaben wird ein notwendiges Rüstwerkzeug nicht sofort gefunden (Problemwolke 5S), wodurch die Rüstzeit erheblich verzögert wird.

Diese Beispiele mögen genügen, um die Verbesserungspotentiale exemplarisch aufzuzeigen.

Die Ziele des Unterrichts bestehen in der Durchdringung eines komplexen Fertigungsprozesses durch die Schüler mit Hilfe des Wertstromdesigns. Die Schüler erkennen, wie einzelne „kleine“ Problemfelder den gesamten Prozess beeinflussen und sogar Auswirkungen auf die Arbeitszeit der Mitarbeiter haben können. Die Schüler gewinnen Erfahrung im Umgang mit einem Optimierungswerkzeug und schärfen den Blick für die unterschiedlichsten Formen der Verschwendung in einem Produktionsprozess. Sie werden vorbereitet für die aktive Teilnahme an kontinuierlichen Verbesserungsprozessen in der betrieblichen Praxis.

3 Didaktische Umsetzung für die Berufsschule

Durch die Wertstromanalyse einer realen Serienfertigung kann allerdings noch nicht die Methode der Wertstromanalyse als Optimierungsinstrument für die Auszubildenden praktisch erfahrbar oder begreifbar werden. Die Methodik und die Zielrichtung der Wertstromanalyse werden auf diese Weise nur theoretisch erfassbar. Die Förderung der Gestaltungskompetenz der Auszubildenden bedingt hingegen prozessbezogene Handlungserfahrungen, praktische Optimierungsversuche durch Wertstromanalysen sind allerdings für Auszubildende in der laufenden Massenfertigung nicht oder kaum möglich. Und in der Berufsschule lassen sich keine industrienahen Prozesse realisieren, was den Praxisbezug des Berufsschulunterrichts erschwert. Vor diesem Hintergrund müssen in der Schule berufliche Handlungskompetenzen – im Zusammenhang mit der Wertstromanalyse insbesondere Problembewusstsein und Lösungsstrategien – durch geeignete „Modell“-Lernsituationen gefördert werden.

Für die handlungsorientierte Wertstromanalyse im Berufsschulunterricht wurde deshalb ein Modellprozess für eine Serienmontage entwickelt, an dem die genannten Ziele didaktisch umgesetzt werden können. Die Auseinandersetzung mit der Optimierungsmethode Wertstromanalyse erfolgt durch die Serienmontage von handelsüblichen Schutzkontaktsteckern. In einer ersten Montagerunde werden die Stecker nach einem vorgegebenen Standard (Arbeitsanweisungen für Montageschritte, Montagereihenfolge, Logistik und Qualitätskontrolle – Übersicht siehe Abb. 2) montiert. Anschließend werden Wertstrom-Datenblätter für das Montageergebnis erstellt und erste Problemlagen erfasst, diskutiert und Verbesserungsmöglichkeiten entwickelt.

Serienmontage von Steckern

Arbeitsorganisation

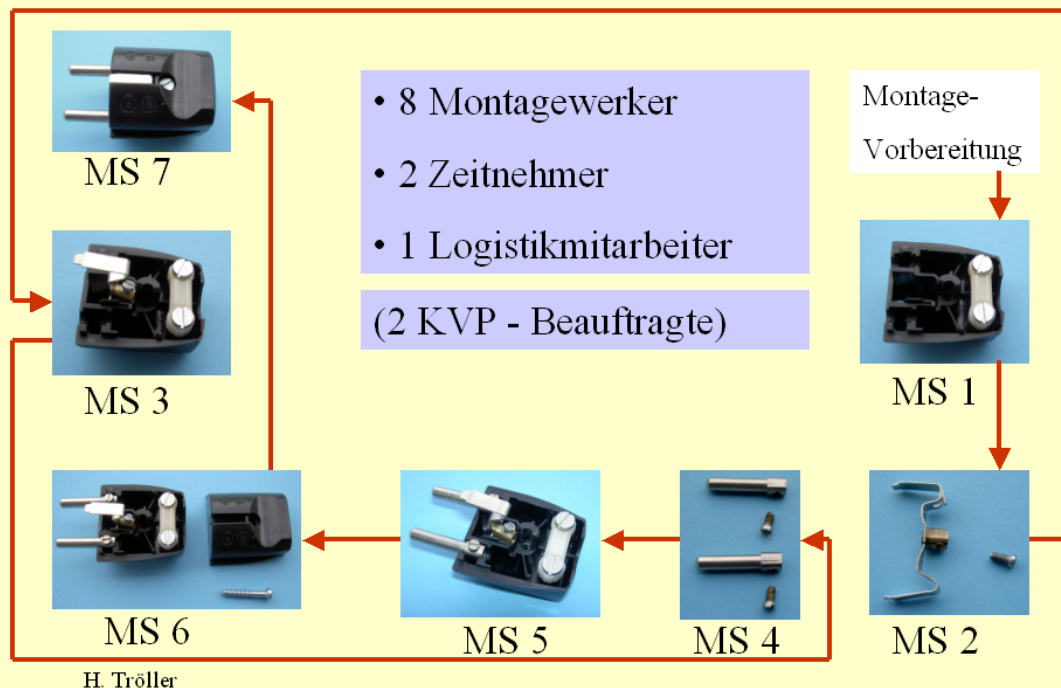



Abb. 2: Logistikplan, Arbeitsanweisungen und Arbeitsorganisation zur Stecker-
montage

In der ersten KVP-Runde (kontinuierlicher Verbesserungsprozess) wird die Verschwendung innerhalb der ersten Montagerunde identifiziert (Abb. 4 und 5). Stichwortartig können hier einige typische Problemlagen genannt werden: Logistik, Arbeitsorganisation, Qualitätskontrolle, Bestände, Leerlauf, auftretender Stress und Montagefehler.

Die Logistikplanung der Steckermontage wird bewusst kompliziert gestaltet, um die historisch gewachsenen und betrieblichen Zwängen folgenden realen Strukturen nachzubilden. Hier liegt für die Schüler ein gut zu erkennendes erstes Verbesserungspotenzial, so dass die Logistik entsprechend den Montageschritten umgestaltet wird und der Logistikmitarbeiter zum KVP-Beauftragten für die nächste Runde wird. Die Schüler konzentrieren sich dann auf eine Diskussion über technische Verbesserung der Montage, z. B. die Verbesserung der Montagewerkzeuge. Dies wird vom Lehrer mit Hinweis auf die hohen Investitionskosten zunächst zurückgestellt. Hier zeigt sich, dass die Schüler sehr auf die technischen Fragen der Montage fixiert sind und der Lehrer den Blick auf die Arbeitsorganisation lenken muss. Danach wird die Arbeitsorganisation so geändert, dass Montageschritte mit viel Leerlauf gestrichen und mit Stationen mit hohen Beständen zusammengelegt werden. Weiterhin wird die Station Qualitätskontrolle gestrichen und diese Aufgabe dem Montageschritt 6 zugeordnet.

Diese Montageoptimierungen werden in einer zweiten Montagerunde umgesetzt und erneut durchgespielt und analysiert. Nun wird der Verbesserungsprozess z. B. durch ein Brainstorming erneut gestartet und eine nächste optimierte Montagerunde geplant, durchgeführt und ausgewertet. Die KVP-Runden führen zu einer fortlaufenden Optimierung des Montageprozesses, die auch durch die wiederholte Erfassung von Wertstrom-Datenblättern nachgewiesen wird. Ein wesentlicher Lerneffekt besteht für die Schüler in der Erkenntnis, dass enorme Optimierungspotenziale in der Umgestaltung der Arbeitsorganisation und in der Gestaltung des Materialflusses liegen. Wird der Montageprozess (mit Anregungen des Lehrers) immer wieder diskutiert und optimiert, werden die Bestände in den Montagestationen vollständig abgebaut (von push zu pull). Die Montagebehälter und die Montagevorbereitung entfallen ebenso und es durchläuft immer nur ein Bauteil die Montagelinie (one piece flow). In Abb. 3 sind die einzelnen Schritte zur Durchführung der Serienmontage und KVP-Runden dargestellt.



Herwig-Blankertz-Schule
Wolfhagen

Serienmontage von Steckern

Wertstromanalyse - Durchführung

Auftragsvergabe für die einzelnen Montagestationen, Materialverteilung, Werkzeugverteilung und Probedurchlauf (Montage und Logistik erklären).

1. Feststellung der Zykluszeiten für die einzelnen Montagestationen mit einer Stoppuhr
2. Feststellung der Durchlaufzeit mit einem weißen Stecker (Uhr)
3. Feststellung der Bestände nach x Durchläufen
4. Eintrag in die Wertstrom-Tabellen
5. Diskussion der Problembereiche und KVP
6. Umsetzung der KVP-Maßnahmen in der Montageplanung
7. Zweiter Durchlauf der Serienmontage
8. Durchlauf der Schritte 1 bis 6 (wichtig: von push zu pull – ist nicht bewusst)
9. Dritter Durchlauf der Serienmontage
10. Durchlauf der Schritte 1 bis 6 usw. (Ziel: one piece flow)

H. Tröller
12

Abb. 3: Arbeitsanweisungen für die Durchführung der Steckermontage und Wertstromanalyse

Die optimale Montage der Stecker gestaltet sich wie folgt:

Am Anfang der Montagelinie steht ein Behälter mit den Gehäuseunterteilen der Stecker. Dann folgen die fünf Montagestationen, an denen leicht griffbereit die jeweiligen Montage- teile zur Verfügung stehen. Zunächst werden jetzt die Montagestationen „aufgefüllt“, d. h. die

Schüler jeder Montagestation führten jeweils ihren Montageschritt aus. Wenn alle fünf Stationen ihren eigenen Montageschritt abgeschlossen haben, kann jetzt die getaktete Montage der Stecker beginnen, indem der Schüler in der fünften Montagestation seinen fertigen Stecker in einen Behälter ablegt und einen nicht fertigen Stecker von der vierten Station zieht (pull). Nun erst zieht der Schüler der vierten Station sein Bauteil aus der dritten Station usw. Hat der Schüler der ersten Station kein Bauteil mehr vor sich liegen, entnimmt er dem Behälter ein neues Gehäuseunterteil und beginnt erneut mit seinem Montageschritt. Es durchläuft somit immer nur ein Stecker die Montagelinie (one piece flow) und es können sich keine Bestände in der Linie aufbauen.



Abb. 4: Erste Runde der Steckermontage



Abb. 5: Qualitätskontrolle der Stecker – erste Runde

4 Schlussbetrachtung

Die Optimierung technischer Systeme wird von zukünftigen Facharbeitern (und auch von vielen Lehrern und Ingenieuren) zunächst als rein technisches Problem betrachtet, d. h. es wird fast immer zuerst nach technischen Verbesserungen innerhalb eines Systems gesucht. Die aktive Teilnahme an einer Wertstromanalyse macht den Schülern begreifbar, den Fokus auf andere Systemaspekte zu richten, denn wesentliche Optimierungspotenziale liegen im Materialfluss und in der Arbeitsorganisation. Die Teilnahme an den kontinuierlichen Verbesserungsprozessen (KVP) innerhalb einer exemplarischen Wertstromanalyse steigert die Methodenkompetenz der Schüler und sie können sich aktiver, bewusster und kompetenter an den betrieblichen Verbesserungsprozessen beteiligen.

Literatur

OHNO, T. (1993): Das Toyota Produktionssystem. Frankfurt Main, New York.

VOLLMER, T. (2008): Weiterentwicklung der Berufsausbildung von Industriemechaniker/-innen im Kontext ganzheitlicher standardisierter Produktionssysteme. In: bwp@t 14/2008

Der Autor



Horst Tröller

Herwig-Blankertz-Schule Wolfhagen

E-mail: [horst.troeller\(at\)t-online.de](mailto:horst.troeller(at)t-online.de)

Homepage: <http://www.herwig-blankertz-schule.de/>