



Fachhochschule
Kaiserslautern

University of
Applied Sciences

OPINNOMETH

Schriften des
Kompetenzzentrums für Operational Excellence- und Innovationsmethodik

Heft 1/2014, 23.03.2014

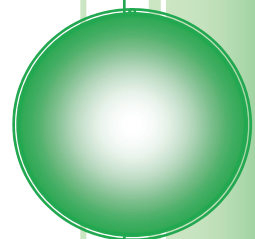
LEAN-OPERATOREN ALS AUSPRÄGUNGEN DER 40 INNOVATIVEN PRINZIPIEN

OPINNOMETH White-Paper

Kompetenzzentrum OPINNOMETH
Prof. Dr.-Ing. Christian M. Thumes
FH Kaiserslautern

Download unter: www.OPINNOMETH.de

ISSN 2199-0301



IMPRESSUM

Christian M. Thumes:
Lean-Operatoren als Ausprägungen der 40 Innovativen Prinzipien
OPINNOMETH White-Paper

OPINNOMETH – Schriften des Kompetenzzentrums für Operational Excellence und
Innovationsmethodik

Heft 1/2014

Zweibrücken, 23.03.2014

ISSN 2199-0301

Redaktion und Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Christian M. Thumes
Kompetenzzentrum OPINNOMETH
FH Kaiserslautern/FB Betriebswirtschaft
Amerikastr. 1
66482 Zweibrücken
christian.thumes@fh-kl.de

Auflage: ausschließlich online verfügbar

Erscheinungsweise: unregelmäßige Erscheinungsweise

Bezugsquelle: Download unter www.OPINNOMETH.de

Der folgende Beitrag ist veröffentlicht unter:



LEAN-OPERATOREN ALS AUSPRÄGUNGEN DER 40 INNOVATIVEN PRINZIPIEN,
OPINNOMETH White-Paper von [Prof. Dr. C.M. Thumes](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#).

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis.....	2
Vorwort.....	4
Zielgruppe.....	4
Danksagung.....	4
Version, Mitarbeit, Fortführung, Verbreitung Nutzung.....	4
Anwendung und Aufbau.....	6
„IP 01 - Segmentierung.....	6
„IP 02 - Abtrennung.....	7
„IP 03 - örtliche Qualität.....	7
„IP 04 - Asymmetrie.....	7
„IP 05 - Vereinen.....	8
„IP 06 - Universalität.....	8
„IP 07 - Verschachtelung.....	8
„IP 08 - Gegengewicht.....	9
„IP 09 - Vorgezogene Gegenaktion.....	9
„IP 10 - Vorgezogene Aktion.....	9
„IP 11 - Vorbeugemaßnahme.....	10
„IP 12 - Äquipotential.....	10
„IP 13 - Umkehr.....	10
„IP 14 – Krümmung.....	11
„IP 15 – Dynamisierung.....	11
„IP 16 – Partielle / überschüssige Wirkung.....	11
„IP 17 - Höhere Dimension.....	12
„IP 18 - Mechanische Schwingung.....	12
„IP 19 - Periodische Schwingung.....	12
„IP 20 - Kontinuität.....	13
„IP 21 - Durcheilen und Überspringen.....	13
„IP 22 - Schädliches in Nützliches.....	13
„IP 23 - Rückkoppelung.....	13
„IP 24 - Mediator, Vermittler.....	14
„IP 25 - Selbstversorgung, -bedienung.....	14
„IP 26 - Kopieren.....	14
„IP 27 - Billige Kurzlebigkeit.....	15
„IP 28 - Mechanik ersetzen.....	15
„IP 29 - Pneumatik, Hydraulik.....	15
„IP 30 - Flexible Hüllen und Filme.....	15
„IP 31 - Poröse Materialien.....	16
„IP 32 - Farbveränderung.....	16
„IP 33 - Homogenität.....	16
„IP 34 - Beseitigung und Regeneration.....	16
„IP 35 - Eigenschaftsänderung.....	17
„IP 36 - Phasenübergang.....	17
„IP 37 - Wärmeausdehnung.....	17
„IP 38 - Starkes Oxidationsmittel.....	17
„IP 39 - Inertes Medium.....	17
„IP 40 - Verbundmaterial.....	18
Zitierte und weiterführende Literatur.....	19

LEAN-OPERATOREN ALS AUSPRÄGUNGEN DER 40 INNOVATIVEN PRINZIPIEN

OPINNOMETH White-Paper

VORWORT

Das vorliegende White-Paper ist aus folgender Motivation heraus entstanden: Einerseits gibt es in vielen Unternehmen massive Verbesserungs- und Problemlösekampagnen aus deren Lean- oder Operational-Excellence-Programmen heraus. Andererseits bedient sich die Lean-Welt recht normierter Begriffe und Vorgehensweisen und zeigt nur eine bedingte Offenheit gegenüber weniger etablierten Ansätzen. Sowohl bei Kongressen als auch in meiner eigenen Praxis in Unternehmen habe ich die „Verzweiflung“ von fleißigen Kreativen kennen gelernt, die mit Ihrem Fachvokabular und Ihren Methoden nur wenig Passung mit den Lean-Initiativen ihrer Firmen erzielen konnten. Dieses Papier bietet jenen, die es gewohnt sind mit den 40 Innovativen Prinzipien zu arbeiten, etwas Halt, da es beispielhafte Konkretisierungen (Lean-Operatoren) für einige der Prinzipien bietet.

ZIELGRUPPE

Dieses Papier richtet sich an *Kreative und Problemlöser, die gewöhnlicher Weise mit den 40 Innovativen Prinzipien arbeiten* und sich in einem Umfeld bewegen, in dem Lösungen den Prinzipien der Lean Production oder des Lean Management entsprechen sollten. Ihnen kann es helfen, besser verstanden zu werden und Lösungen auszuwählen (bzw. zu erarbeiten), die gut zu den spezifischen Anforderungen Ihrer Lean-Kollegen und Kolleginnen passen.

Dieses Dokument richtet sich *NICHT an Lean-Manager, Lean-Consultants und andere Lean-Profis*. Diese sind sozusagen Muttersprachler. Das vorliegende Übersetzungswerk für TRIZ-Anwender (TRIZ = Theorie des erfinderischen Problemlösens) ist somit nicht für sie gedacht und kann natürlich auch nur beispielhafte Ansatzpunkte liefern. Hier kann und soll nicht der Anspruch erhoben werden, „Lean“ und „Operational Excellence“ in kompletter Gänze zu trainieren – wirkliche Lean-Profis wissen, dass dies ohnehin nicht in der Theorie machbar ist.

DANKSAGUNG

Ein spezieller Dank geht an Angelika Riedl, Wolfgang Diesenreiter und Dr. Frank Zeihsel mit denen gemeinsam ich das Thema erstmalig bei der TRIZ-Konferenz des Österreichischen TRIZ-Kompetenzzentrums 2011 in Wien diskutierte. In der Folge waren auch Tests und Diskussionen im Rahmen eines Berliner TRIZ-Arbeitskreises erkenntnisreich, bei denen insbesondere Jürgen Hess und Andreas Wagner aber auch allen Teilnehmern des Arbeitskreises mein Dank gilt. Ein weiterer Dank geht an meinen gedanklichen Mitstreiter Dr. Frank Zeihsel – inzwischen haben wir gemeinsam auch weitere Facetten der Passung von Lean und TRIZ beleuchtet. Ein weiterer Dank geht an alle anderen Autoren, die bereits spezielle Beispielsammlungen für eine jeweils themenspezifische Interpretation der Innovativen Prinzipien erstellt haben – sei es für die Bereiche des Qualitätswesens, des Marketings des Vertriebs oder aber der Lean Production. Der hier gewählte Ansatz folgt direkt diesen Mustern und beinhaltet sicherlich auch Überschneidungen mit existenten Sammlungen.

VERSION, MITARBEIT, FORTFÜHRUNG, VERBREITUNG NUTZUNG

Ich gehe fest davon aus, dass diese Liste nicht vollendet ist. Weitere Versionen werden auf www.OPINNOMETH.de erscheinen, sobald ich ausreichend Material für eine Überarbeitung gesammelt habe.

Auch Sie können gerne mitwirken: *Schicken Sie mir doch Ihre Vorschläge mit Lean-Operatoren und ihrer jeweiligen Zuordnung zu einem Innovativen Prinzip.* Bitte fügen Sie auch ein Schreiben hinzu, mit dem Sie mir die Veröffentlichung Ihres Beitrags erlauben. Ich bitte um Verständnis, dass eine Einfügung nur nach positiver inhaltlicher Prüfung erfolgen wird. Selbstverständlich werde ich Sie dann als Mitwirkende erwähnen.

Prof. Dr.-Ing. Christian M. Thumes M.A.

Zweibrücken im März 2014

ANWENDUNG UND AUFBAU

Wenn Sie der Zielgruppe angehören, wissen Sie, wie die Lean-Operatoren anzuwenden sind. Ob Sie über die Widerspruchsmatrix, im Rahmen eines TRIZ-Brainstormings oder über andere Wege zu den betrachteten Innovativen Prinzipien gelangen, sei Ihrer Expertise und Ihrer Werkzeugwahl überlassen. Die aufgelisteten Lean-Operatoren entspringen verschiedenen Lean-Prinzipien und Lean-Werkzeugen. Im abschließenden Literaturverzeichnis sind verschiedene Quellen aufgelistet, in denen sie sich wieder spiegeln.

Die einzelnen Abschnitte zu den Innovativen Prinzipien sind folgendermaßen aufgebaut:

- Nennung von Nummer, Benennung und allgemeinen Operatoren. Hier wird im Original-Wortlaut auf die Darstellung des Handbuchs „tetrís“ [1] zurückgegriffen.
- Danach werden (sofern vorhanden) zum Prinzip passende konkretisierende Anweisungen – Lean-Operatoren – aufgeführt. Bei einigen Prinzipien sind keine separaten Lean-Operatoren genannt.
- Allgemeine Anweisungen der Innovativen Prinzipien, die im Lean-Kontext sehr leicht missverstanden werden können, sind **rot** abgedruckt. Hier ist besondere Vorsicht geboten, da der Wortlaut aus Sicht von Lean-Experten sehr negativ interpretiert werden kann.

Anwendungsfelder: Die prädestinierten Problemstellungen, bei denen die hier dargestellten Lean-Operatoren anwendbar sind, stammen primär aus den Bereichen:

- Produktion und Logistik – sowohl technische als auch organisatorische Aspekte
- Betriebsorganisation

„IP 01 - SEGMENTIERUNG

- Zerlege ein Objekt in unabhängige Teile
- Führe das Objekt zerlegbar aus
- Erhöhe den Grad an Unterteilung, Sorge für leichte Zerlegbarkeit / Zusammenfügbarkeit“ [1]

Lean-Operatoren:

- führe die Ausrüstungsgegenstände in der Produktion zerlegbar bzw. modular aus (flexible Schnellbausysteme für Wagen, Arbeitsplätze, Regale etc.)
- führe Maschinen und Ausrüstungsgegenstände als Kerneinheit mit peripheren Erweiterungen aus – z. B. Rechereinheit mit separatem statt integriertem Monitor, Maus, Laufwerk, etc.
- zerlege Produktionslose in kleinere Lose (angestrebtes Optimum: Losgröße Eins)
- zerlege Transportlose in kleinere Lose (kleiner-gleich der Produktionslosgröße)
- beschreibe standardisiert Arbeitsschritte auf hohem Detailniveau
- zerlege Problemlösung in verschiedene Schritte (z. B.: P-Plan, D-Do, C-Check, A-Act oder Problembeschreibung, Datensammlung, Zielbeschreibung, Ursachenanalyse, Entwicklung von Maßnahmen und Wirkungshypothesen, Test der Maßnahmen, Prüfung der Hypothesen, Standardisierung oder Neuanlauf)

„IP 02 - ABTRENNUNG

- Entfernung oder Abtrennung des störenden Teiles (des Objektes)
- Den notwendigen Teil bzw. die wesentliche Eigenschaft alleine einsetzen oder herausnehmen“ [1]

Lean-Operatoren:

- trenne nicht wertschöpfende Aktivitäten ab: Trenne offensichtliche Verschwendung ab und eliminiere sie.
- trenne nicht wertschöpfende Aktivitäten ab: Trenne notwendige Verschwendung ab und reduziere sie.
- trenne Rüsttätigkeiten die während der Maschinenoperation stattfinden können (sog. externes Rüsten) von Rüsttätigkeiten, die Maschinenstillstand erfordern (sog. internes Rüsten).
- eliminiere Produkt- oder Dienstleistungsfunktionen, die der Kunde nicht wünscht.
- trenne mögliche Fehlhandlungen und Fehlbedienungen ab.

„IP 03 - ÖRTLICHE QUALITÄT

- Übergang von einer homogenen Struktur zu einer heterogenen
- Verschiedene Teile des Systems sollen verschiedene Funktionen erfüllen
- Jede Komponente eines Systems unter den für sie individuell optimalen Bedingungen einsetzen“ [1]

Lean-Operatoren:

- ordne wertschöpfende und nicht-wertschöpfende Tätigkeiten unterschiedlichen Personen zu (Schwester-Chirurgen-Prinzip).
- beschaffe keine komplexen Universalmaschinen oder –prozesse, sondern mehrere „einfache“ Maschinen und Prozesse, mit jeweils weniger breiten Anwendungsfeldern.
- richte Pufferbestände so ein, dass sie nur an einzelnen Orten die jeweiligen Prozesse sichern (nicht generell): nutze dort In-process-Kanban oder Supermärkte

„IP 04 - ASYMMETRIE

- Ersetze symmetrische Formen durch asymmetrische
- Erhöhe den Grad an Asymmetrie, wenn diese schon besteht“ [1]

Lean-Operatoren:

- ordne wertschöpfende und nicht-wertschöpfende Tätigkeiten unterschiedlichen Personen zu (Schwester-Chirurgen-Prinzip).
- gestalte Objekte so asymmetrisch, dass sie nicht miteinander verwechselt werden können (z. B. USB-A- und USB-B-Stecker, verschiedene Schlüssel, Symbole der visuellen Steuerung).
- gestalte Objekte so asymmetrisch, dass sie nicht falsch verwendet werden können (z. B. dreipoliger Stromstecker, Schlüssel für Schließzylinder).

„IP 05 - VEREINEN

- Gruppiere gleichartige oder zur Zusammenarbeit bestimmte Objekte räumlich zusammen; kopple sie
- Vertakte gleichartige oder zur Zusammenarbeit bestimmte Objekte; kopple sie zeitlich“ [1]

Lean-Operatoren:

- bilde Teams in der Art, dass sie sich aus Mitgliedern mit ähnlichen Fähigkeiten und Aufgaben zusammensetzen – die Fähigkeiten können aber weit gestreut und interdisziplinär sein.
- ordne Ausrüstung, Maschinen oder Arbeitsplätze so an, dass sie den Durchfluss der zu bearbeitenden Dinge erlauben.
- gestalte die Endmontage des Produktes als getakteten Fluss; der Takt ergibt sich aus Kundenbedarf und zur Verfügung stehender Zeit.
- gestalte Materialflüsse von Teilen und Baugruppen als getaktete Flüsse; der Takt ergibt sich aus dem getakteten Verbrauch der Endmontage und den Losgrößen.
- ordne Einrichtungen so an, dass die Flüsse der Teile und Baugruppen in den Fluss des Produktes münden.

„IP 06 - UNIVERSALITÄT

- Das System erfüllt mehrere unterschiedliche Funktionen, wodurch andere Systeme oder Objekte überflüssig werden“ [1]

Lean-Operatoren:

- mache kleine einfache Dinge multifunktional (z. B. ein Gabelschlüssel mit den zwei benötigten Schlüsselweiten an jeweils einem Ende).
- nutze standardisierte Vorgehensweisen (z. B. ein standardisierter Problemlöseprozess, der bei jedem Problem durchlaufen wird; standardisierte 3P- oder Verbesserungsworkshops, Routinen des Shopfloormanagements, etc.).
- standardisiere effiziente Flüsse derart, dass sie verschiedene Produkte in kleinsten Einheiten bewältigen (z. B. Mixed-Model-Lines).

„IP 07 - VERSCHACHTELUNG

- Ein Objekt befindet sich im Inneren eines anderen, das sich ebenfalls im Inneren eines dritten befindet (Matroschka-Prinzip)
- Das Objekt passt in oder durch den Hohlraum eines anderen“ [1]

Lean-Operatoren:

- bringe alle benötigten Dinge in einem standardisierten Behälter zum Platz der Anwendung (z. B. verschiedene Formen des Kitting in speziellen Behältern, universellen Behältern oder im/am Arbeitsgegenstand selbst).
- bilde zur Aufbewahrung die Außenkonturen der Dinge ab, die dann innerhalb dieser Konturen aufbewahrt werden (z. B. Schattenbretter).
- integriere Maschinenarbeitsschritte in manuelle Montagelinien, falls dies der Sequenz der Arbeitsschritte entspricht (z. B. Mini-Fräse innerhalb Montagelinie).

„IP 08 - GEGENGEWICHT

- Das Gewicht des Objektes kann durch Koppelung an ein anderes, entsprechend tragfähiges Objekt kompensiert werden
- Das Gewicht des Objektes kann durch aerodynamische oder hydraulische Kräfte kompensiert werden“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze einfache Manipulatoren und Handhabungsgeräte mit variablen Gegengewichten.
- nutze Mitarbeiter unterstützender Funktionen, um die Wertschöpfungsquote der operativen Funktionen zu steigern (z. B. nicht produktive Teamleiter, welche optimale Arbeitsbedingungen und Verbesserungen für ihr Team wertschöpfender Mitarbeiter realisieren).

„IP 09 - VORGEZOGENE GEGENAKTION

- Vor der Ausführung einer Aktion muss eine erforderliche Gegenaktion vorab ausgeführt werden
- Muss ein Objekt in Spannung sein, dann muss vorab die Gegenspannung erzeugt werden“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze Poka-Yoke-Vorrichtungen, die Fehler durch Verwechslung, Vergessen oder Unachtsamkeit unmöglich machen.
- nutze unzerstörbare Standards, die Fehlverhalten unmöglich machen (z. B. eine schräge Fensterbank kann nicht als Ablagefläche missbraucht werden und ein festgebundenes Werkzeug kann nicht verloren gehen).
- bereits Arbeitsschritte so vor, dass später während der Durchführung keine Abbrüche oder Ineffizienzen erforderlich sind (z. B. nutze Checklisten für erforderliche Werkzeuge, führe Funktionstests durch).
- stelle später erforderliche Kompensations-Bedingungen vorher her (z. B. Kühlung für ein sich erwärmendes Werkzeug).

„IP 10 - VORGEZOGENE AKTION

- Führe die notwendige Aktion – teilweise oder zur Gänze – im voraus aus
- Ordne die Objekte so an, dass sie ohne Zeitverlust vom richtigen Ort aus arbeiten können“ [1]

Lean-Operatoren:

- stelle die erforderlichen Materialien und Informationen am Ort der Wertschöpfung in der richtigen Menge für die termingerechte Nutzung bereit (z. B. Kitting von Montagematerialien).
- ordne Materialien und Werkzeuge so an, dass möglichst wenig nicht wertschöpfende Bewegung und Transport anfallen (z. B. Werkzeughalterungen nahe am Gebrauchsort, die Werkzeuge in Gebrauchsorientierung bereit stellen; bzgl. Drehmomenten und Schraubenzahl voreingestellte Schraubendreher).
- stelle später erforderliche Bedingungen vorher her (z. B. Erwärmen eines Werkzeugs vor Einbau in die warme Maschine).

„IP 11 - VORBEUGEMAßNAHME

- Kompensiere die schlechte Zuverlässigkeit eines Systems durch vorher ergriffene Gegenmaßnahmen ‚Vorher unterlegtes Kissen‘ “ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze Poka-Yoke-Vorrichtungen, die Fehler durch Verwechslung, Vergessen oder Unachtsamkeit unmöglich machen.
- nutze Poka-Yoke-Vorrichtungen, die Prozesse im Fehlerfall stoppen, bevor es zu Fehlern im Produkt kommt; etwas detaillierter: gestalte Vorrichtungen, die Vorgänge auf mechanische, zahlenbasierte oder ablauforientierte Weise bezüglich der richtigen Ausführung prüfen und zum Stopp, zur Ausschleusung fehlerhafter Teile oder wenigstens zu einem Warnsignal führen.
- nutze unzerstörbare Standards, die Fehlverhalten unmöglich machen (z. B. eine schräge Fensterbank kann nicht als Ablagefläche missbraucht werden).

„IP 12 - ÄQUIPOTENTIAL

- Verändere die Bedingungen so, dass das Objekt mit konstanten Energiepotential arbeiten kann, also beispielsweise weder angehoben noch abgesenkt werden muss“ [1]

Lean-Operatoren:

- gestalte durchgängig Materialflüsse, bei denen das Material seine Transportbedingungen nicht ändert (z. B. wird das Montageobjekt auf Rollen oder einem rollbaren Tisch bewegt und bearbeitet).
- Sorge für die gleichmäßige Geschwindigkeit von Abläufen und Objekten (z. B. Moving Lines, Taktung)

„IP 13 - UMKEHR

- Implementiere anstelle der durch Spezifikation diktierten Aktion die genau gegenteilige Aktion
- Mache ein unbewegliches Objekt beweglich oder ein bewegliches unbeweglich
- Stelle das System „auf den Kopf“, kehre es um“ [1]

Lean-Operatoren:

- mache Produkte beweglich, statt sie auf Förderanlagen zu bewegen (z. B. ein Wagen für jedes Produkt statt Fließband; Rollen an einer Rohkarosse, statt eines Bodenbandes).
- mache festes Equipment beweglich und fixiere bewegliches (z. B. Rollen an Werkbänke, Werkzeug an Werkbank anbinden)
- strukturiere manuelle Arbeitsprozesse in bidirektionalen, statt in unidirektionalen Linien.
- bei Mehrmaschinenbedienung bewegen sich die Mitarbeiter mit dem Materialfluss.
- standardisierte Arbeitsfolgen in einer Linie/Zelle können räumlich anders ablaufen, als der Produktfortschritt (z. B. U-Zelle mit 8 Stationen, an denen 1,2,7,8 von einer Person, der Rest von einer zweiten erledigt werden).

„IP 14 – KRÜMMUNG

- Ersetze lineare Teile oder flache Oberflächen durch gebogene, kubische Strukturen durch sphärische
- Benutze Rollen, Kugeln, Spiralen
- Ersetze lineare Bewegungen durch rotierende, nutze die Zentrifugalkraft aus“ [1]

Lean-Operatoren:

- mache die Objekte beweglich, statt sie auf Förderanlagen zu bewegen (z. B. ein Wagen für jedes Produkt statt Fließband; Rollen an einer Rohkarosse, statt eines Bodenbandes).
- strukturiere Materialflüsse in Arbeitssystemen in U-Form (oder Doppel-U = S-Form), statt in geraden unidirektionalen Linien.

„IP 15 – DYNAMISIERUNG

- Gestalte ein System so, dass es sich automatisch unter allen Betriebszuständen auf optimale Performance einstellt
- Zerteile ein System in Elemente, die sich untereinander optimal arrangieren können
- Mache ein unbewegliches Objekt beweglich, verstellbar oder austauschbar“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze verbrauchsgesteuerte Transport-, Nachfüll- bzw. Produktionsanweisungen (z. B. Kanban-Kreise)
- nutze First-in-First-Out als Materialflussprinzip
- mache die Objekte beweglich, statt sie auf Förderanlagen zu bewegen (z. B. ein Wagen für jedes Produkt statt Fließband; Rollen an einer Rohkarosse, statt eines Bodenbandes)
- lasse die Arbeitskräfte sich in U-Zellen mit dem Material bewegen

„IP 16 – PARTIELLE / ÜBERSCHÜSSIGE WIRKUNG

- Wenn es schwierig ist, 100% einer geforderten Funktion zu erreichen, verwirkliche **etwas mehr** oder weniger, um so das Problem deutlich zu vereinfachen“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze Pareto-Analysen und löse die Teilprobleme mit höchstem Potenzial
- **ACHTUNG:** überschüssige Wirkung: dies ist sehr problematisch; selbst wenn die überschüssig erzielte Wirkung genutzt werden kann, ist dies oftmals nicht mit anderen Lean-Grundsätzen vereinbar

„IP 17 - HÖHERE DIMENSION

- Umgehe Schwierigkeiten bei der Bewegung eines Objektes entlang einer Linie durch eine zweidimensionale Bewegung
- Platziere das Objekt geneigt oder kippe es
- Nutze die Rückseite oder Projektionen auf die Rückseite bzw. in die Nachbarschaft des Objektes
- Ordne Objekte in mehreren statt einer Ebene an“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze Schablonen um Bewegungen entlang einer Linie oder Kurve zu führen (z. B. spezielle Hubwagen, um Elemente in sich bewegende Objekte zu montieren; Anzeichnen/Anreißen mehrdimensionaler Gebilde für Span- oder Schweißprozesse)

„IP 18 - MECHANISCHE SCHWINGUNG

- Versetze ein Objekt in Schwingung
- Oszilliert das Objekt bereits, erhöhe die Frequenz
- Benutze die Resonanzfrequenz(en)
- Piezovibration
- Ultraschall und elektromagnetische Felder“ [1]

Lean-Operatoren:

- führe Transportlose so klein wie möglich aus, ohne dabei die Versorgungssicherheit zu gefährden (z. B. Bestimmung von Kanban-Behältergrößen)
- richte alle Prozesse am Takt aus, in dem die Ergebnisse vom Kunden verlangt werden (z. B. Kundenbedarf dividiert durch die zur Erstellung verfügbare Zeit) und führe Prozesse in Takten aus (z. B. Definition von Standard-Arbeit)
- richte Teilprozesse und Transporte an Takten aus (z. B. Linientakte, Milk-Run-Takte)
- führe Prozesse zyklisch aus (z. B. wiederkehrende Arbeitsschritte)

„IP 19 - PERIODISCHE SCHWINGUNG

- Übergang von kontinuierlicher zu periodischer Wirkung
- Liegt bereits eine periodische Aktion vor, verändere deren Frequenz
- Benutze Pausen zwischen einzelnen Impulsen, um andere Aktionen einfügen zu können“ [1]

Lean-Operatoren:

- verändere den Linientakt
- berücksichtige Zeit für Probleme bzw. Verbesserung bei der Festlegung von Takten
- berücksichtige Zeit für kontinuierliche Verbesserung bei der Arbeitsverteilung
- führe erforderliche Rüsttätigkeiten in Flusssystemen periodisch im Takt (an immer jeweils nur einer Station) durch

„IP 20 - KONTINUITÄT

- Führe eine Aktion ohne Unterbrechung aus, alle Komponenten sollen ständig mit gleicher Belastung arbeiten
- Schalte Leerläufe und Unterbrechungen aus“ [1]

Lean-Operatoren:

- Sorge für ein ausgeglichenes Produktionsprogramm – sowohl nach Art als auch nach Menge (z. B. mit Hilfe von Heijunka-Boards und Sequenzierung)
- Sorge für gleichmäßige Arbeitsbelastung
- Sorge für fließende Prozesse, Abläufe, Materialien, Informationen, Mitarbeiter/innen etc.

„IP 21 - DURCHEILEN UND ÜBERSPRINGEN

- Führe schädliche oder gefährliche Aktionen mit sehr hoher Geschwindigkeit durch“ [1]

Lean-Operatoren:

- keine speziellen Lean-Operatoren, aber die allgemeine Formulierung ist anwendbar

„IP 22 - SCHÄDLICHES IN NÜTZLICHES

- Nutze schädliche Faktoren oder Effekte – speziell aus der Umgebung – positiv aus
- Beseitige einen schädlichen Faktor durch Kombination mit einem anderen schädlichen Faktor
- Verstärke einen schädlichen Einfluss soweit, bis er aufhört schädlich zu sein“ [1]

Lean-Operatoren:

- keine speziellen Lean-Operatoren, aber die allgemeine Formulierung ist anwendbar

„IP 23 - RÜCKKOPPELUNG

- Führe eine Rückkoppelung ein
- Ist eine Rückkoppelung vorhanden, ändere sie oder kehre sie um“ [1]

Lean-Operatoren:

- jeder ist verantwortlich dafür, keine fehlerhaften Arbeitsergebnisse von Vorgängern anzunehmen; diesbezüglich ist eine Rückkopplung an die Vorgänger erforderlich
- jeder ist verantwortlich dafür, keine fehlerhaften Arbeitsergebnisse an Nachfolger weiter zu geben; sollte dies dennoch geschehen, soll eine Rückkopplung seitens der Nachfolger stattfinden
- Führung und wissenschaftliches Vorgehen erfordern Rückkopplung: Mitarbeiter/innen sollen vor der Umsetzung von Lösungsmaßnahmen Vermutungen über die Ergebnisse entwickeln – nach der Durchführung der Maßnahmen dient die Rückkopplung der tatsächlichen Ergebnisse dem Lernen und der Weiterentwicklung
- Zustände sollen möglichst visuell zurück gemeldet werden (z. B. markierte Lagerflächen, Füllmengen, Produktionsstückzahlen, Fehlerzahlen, Störungen, Unterstützungsanforderung, Andon, ...)

„IP 24 - MEDIATOR, VERMITTLER

- Nutze ein Zwischenobjekt, um die Aktion weiterzugeben oder auszuführen
- Verbinde das System zeitweise mit einem anderen, leicht zu entfernenden Objekt“ [1]

Lean-Operatoren:

- verwende Werkstückträger, Schattenbretter, Schablonen, gekittete Materialwagen u. ä. zum Materialtransport
- verwende Mediatoren, die kleinere Einheiten bei Bedarf zu größeren zusammenfügen (z. B. System aus Kleinladungsträgern, die sich zu Palettengröße zusammenfassen bzw. –stapeln lassen; Adapter, die Bodenroller mit Ladungsträgern für Paletten oder Transportmittel zusammenfassen)
- rüste auf einem separaten Werkstückträger außerhalb der Maschine vor, so dass das Einfügen des vorgerüsteten Materials in die Maschine nur wenig Zeit benötigt
- verwende Modelle in Kombination mit realen Dingen (z. B. Modelle noch nicht existenter Produkte in Verbindung mit realen Fördereinrichtungen oder Bearbeitungsstätten)

„IP 25 - SELBSTVERSORGUNG, -BEDIENUNG

- Das System soll sich selbst bedienen und Hilfs- sowie Reparaturfunktionen selbst ausführen
- Nutze Abfall und Verlustenergie“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze die Schwerkraft zum Transport (z. B. Durchlaufregal)
- nutze Systemeigenschaften zur Anzeige von Information (z. B. Stapelung von Kisten vor einer farbigen Schablone, welche die maximale Stapelhöhe anzeigt)
- nutze Wärme (z. B. Abwärme von Maschinen zur Beschleunigung von Trocknungsvorgängen)
- nutze In-Prozess-Kanbans (z. B. definierte Anzahl der Teile im Fluss zwischen Lackierung und nächstem Arbeitsschritt), um prozessbedingtes Warten in den Fluss zu integrieren

„IP 26 - KOPIEREN

- Benutze eine billige, einfache Kopie anstatt eines komplexen, teuren, zerbrechlichen oder schlecht handhabbaren Objekts
- Ersetze ein System oder Objekt durch eine optische Kopie oder Abbildung. Hierbei kann der Maßstab verändert werden
- Gehe zu infraroten oder ultravioletten Abbildern über“ [1]

Lean-Operatoren:

- simuliere Produkte und Prozesse mit billigen Modellen (z. B. Produktmodelle aus Schaumstoff, Produktionslinienmodelle aus Pappe und Holzgestellen)
- simuliere Gegebenheiten durch Projektion in den Raum (z. B. Abkleben von Umrissen auf dem Boden, Anzeichnungen an den Wänden, Absperrungen im Raum)

„IP 27 - BILLIGE KURZLEBIGKEIT

- Ersetze ein teures System durch ein Sortiment billiger Teile, wobei auf einige Eigenschaften (wie Langlebigkeit) verzichtet wird“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze Schnellbausysteme, die eine schnelle Einrichtung und einfache Umgestaltung von Arbeitssystemen ermöglichen (z. B. Rohr- und Verbindersysteme zur Gestaltung von Regalen)
- nutze Einmal-Schablonen und Anreißhilfen, die bei Produktänderungen leicht angepasst werden können

„IP 28 - MECHANIK ERSETZEN

- Ersetze ein mechanisches System durch ein optisches, geruchsaktives oder akustisches System
- Benutze elektrische, magnetische Systeme oder eine Kombination aus beiden
- Ersetze Felder: stationäre durch bewegliche; konstante durch periodische; strukturlose durch strukturierte“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze Visuelles Management zur Anzeige von Zuständen und Mengen (z. B. Schattenbretter, Bestandsampeln, Andon-Boards)
- nutze akustische Systeme zur Anforderung von Unterstützung (z. B. Andon-Melodien, Sirenen)
- nutze Mobilfunksysteme zur Realisierung von Andon-Funktionen, wenn weder Sicht- noch Hörkontakt besteht

„IP 29 - PNEUMATIK, HYDRAULIK

- Ersetze feste, schwere Teile eines Systems durch gasförmige oder flüssige. Nutze Wasser oder Luft zum Aufpumpen
- Luftkissen; hydrostatische Elemente“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze Transporthilfen, um Material ohne fest installierte Fördermittel zu transportieren (z. B. Schieben großer Lasten auf einem Luftkissen schwebend)

„IP 30 - FLEXIBLE HÜLLEN UND FILME

- Ersetze übliche Konstruktionen durch flexible Hüllen oder dünne Filme
- Isoliere ein Objekt von der Umwelt durch einen dünnen Film oder eine Membran“ [1]

Lean-Operatoren:

- nutze flexible Folienverpackungen, falls keine standardisierten Verpackungsmittel nutzbar sind (z. B. werden viele kleine Behältnisse durch Skinnen schnell und einfach zu einer stabilen Transporteinheit

„IP 31 - PORÖSE MATERIALIEN

- Gestalte ein Objekt porös oder füge poröse Materialien (Einsätze, Überzüge, ...) hinzu
- Ist ein Objekt bereits porös, dann fülle die Poren vorab mit einem vorteilhaften Stoff“ [1]

Lean-Operatoren:

- in übertragenem Sinne:
 - wenn eine Linie nicht exakt nivellierbar ist, füge Arbeitsinhalte hinzu, welche die nicht ausgelasteten Stationen gegebenenfalls in Freiräumen bearbeiten können

„IP 32 - FARBVERÄNDERUNG

- Verändere die Farbe oder Durchsichtigkeit eines Objekts oder der Umgebung
- Nutze zur Beobachtung schlecht sichtbarer Objekte oder Prozesse geeignete Farbzusätze
- Setze Leuchtstoffe, lumineszente oder anderwärtig markierte Substanzen ein“ [1]

Lean-Operatoren:

- markiere den Platz für Werkzeuge, Vorrichtungen und Fahrzeuge (z. B. Schattenbrett, Parkplatzmarkierung, Bodenmarkierungen)
- markiere durch Farben Zugehörigkeiten (z. B. gleiche Farben für ein Werkzeug und dessen Liegeplatz, Anschlüsse gleicher Gase oder Flüssigkeiten oder z. B. für Behälter und Einfüllstutzen gleicher Flüssigkeiten)
- markiere farblich Bestände (z. B. nach dem Ampelprinzip Stellplätze und Lagerorte kennzeichnen)
- verwende Signalanzeigen für verschiedene Betriebszustände (z. B. Signalleuchten auf Maschinen)
- mache Abweichungen von Standards leicht erkennbar bzw. sichtbar durch farbige Markierungen

„IP 33 - HOMOGENITÄT

- Fertige interagierend Objekte aus demselben oder aus ähnlichen Material“ [1]

Lean-Operatoren:

- fasse in einem Wertstrom jene Produkte zusammen, welche fast ausschließlich die gleichen Bearbeitungsschritte durchlaufen
- nutze gleiche Materialien und Gleichteile zur Komplexitätsreduzierung“

„IP 34 - BESEITIGUNG UND REGENERATION

- Beseitige oder verwerte (ablegen, auflösen, verdampfen) diejenigen Teile des Systems, die ihre Funktion erfüllt haben und unbrauchbar geworden sind
- Stelle verbrauchte Systemteile unmittelbar – in einem Arbeitsgang – wieder her“ [1]

Lean-Operatoren:

- strukturiere manuelle Arbeitsprozesse in U-Form (oder Doppel-U = S-Form), statt in geraden unidirektionalen Linien (Arbeitnehmer sind nach der letzten Operation wieder in Ausgangsposition für die erste Aktion)
- verwende Vorrichtungen, mit denen Maschinen sich nach der Operation selbst entladen und wieder einsatzbereit sind (z. B. hanedashi-Vorrichtungen)

„IP 35 - EIGENSCHAFTSÄNDERUNG

- Ändere den Aggregatzustand eines Objektes: fest, flüssig, gasförmig; aber auch quasiflüssig
- Ändere Eigenschaften wie Konzentration, Dichte, Elastizität, Temperatur“ [1]

Lean-Operatoren:

- keine speziellen Lean-Operatoren, aber die allgemeine Formulierung ist anwendbar

„IP 36 - PHASENÜBERGANG

- Nutze die Effekte während des Phasenübergangs einer Substanz aus: Volumenänderung, Wärmeentwicklung oder Wärmeabsorption“ [1]

Lean-Operatoren:

- keine speziellen Lean-Operatoren, aber die allgemeine Formulierung ist anwendbar

„IP 37 - WÄRMEAUSSDEHNUNG

- Nutze die thermische Expansion oder Kontraktion von Materialien aus
- Benutze Materialien mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten“ [1]

Lean-Operatoren:

- keine speziellen Lean-Operatoren, aber die allgemeine Formulierung ist anwendbar

„IP 38 - STARKES OXIDATIONSMITTEL

- Ersetze Luft durch Sauerstoffangereicherte Luft
- Ersetze angereicherte Luft durch reinen Sauerstoff
- Setze Luft oder Sauerstoff ionisierenden Strahlen aus
- Benutze Ozon“ [1]

Lean-Operatoren:

- keine speziellen Lean-Operatoren, aber die allgemeine Formulierung ist anwendbar

„IP 39 - INERTES MEDIUM

- Ersetze die übliche Umgebung durch eine inerte
- Führe den Prozess im Vakuum aus“ [1]

Lean-Operatoren:

- in übertragenem Sinne:
 - entferne Alles aus dem Arbeitsbereich, was nicht zur wertschöpfenden Tätigkeit benötigt wird
 - reduziere das Material im Bereich auf ein absolutes Minimum
 - führe eine intensive Verschwendungssuche im betroffenen Bereich durch (z. B. durch Im-Kreis-Stehen, Muda-Walk, ...)

„IP 40 - VERBUNDMATERIAL

- Ersetze homogene Stoffe durch Verbundmaterialien“ [1]

Lean-Operatoren:

- lagere Materialien nicht nach Gleichheit sortiert, sondern nach späterer Verwendung (z. B. Stiegen mit Joghurt-Bechern für den Discounter enthalten gemischte Sorten, in einem Verhältnis, das dem durchschnittlichen Kaufverhalten der Kunden angepasst ist)
- fertige verschiedene Varianten in einer Linie (Ziel: One-Piece-Flow und Heijunka)

ZITIERTE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- [1] **Altshuller, G.; Shulyak, L.; Rodman, S.:** The Innovation Algorithm, TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity, Technical Innovation Center, 2000);
zitiert und aufbereitet in :
Cascini, G.; Frillici, F.S.; Jantschgi, J.; Kaikov, I.; Khomenko, N.; Muraskovska, I.: tetris Teaching TRI at school. Handbuch des Tetris-Projektes: www.tetris-project.org. Auflage DE 1.1, November 2009. Entwickelt mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission, Förderprogramm Leonardo da Vinci, Programm für lebenslanges Lernen.
- [2] **Liker, J. K.; Meier, D. P.:** Praxisbuch. Der Toyota Weg. Für jedes Unternehmen“, München, (jeweils aktuellste Auflage)
- [3] **Ohno, T.:** Das Toyota-Produktionssystem, Frankfurt (jeweils aktuellste Auflage)
- [4] **Rother, M.:** Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results (jeweils aktuellste Auflage)
- [5] **Shingo, S., Dillon, A.P.:** A Revolution in Manufacturing: The Smed System: Single-minute Exchange of Die System, Productivity Press, Shopfloor Series, 1985
- [6] **Retseptor, G.:** 40 Inventive Principles in Marketing, Sales and Advertising, AVX Israel Ltd., 2005, <http://www.triz-journal.com/archives/2005/04/01.pdf>
- [7] **Thumes, C. M.; Zeihsel, F.:** Lean-TRIZ instead of TRIZ Lean; ETRIA - The European TRIZ Association (Hrsg). Proceedings of the TRIZ Future Conference 2013, Paris. 2013 S. 789 - 795