

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURELean Construction
Lean construction

VDI 2553

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.**The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweise	4
3 Begriffe	4
4 Grundlagen von Lean Construction	7
4.1 Verständnis von Lean Construction	7
4.2 Ganzheitliche Gestaltungsprinzipien für Planungs- und Produktionsprozesse	8
5 Möglichkeiten der Einführung von Lean- Construction-Prinzipien innerhalb der Bauprozesskette	13
5.1 Rollen und Anwendungsnutzen von Lean Construction	14
5.2 Einführung von Lean Construction bei Projekten	22
5.3 Einführung von Lean Construction in Organisationen und Unternehmen	24
6 Messbarkeit der Ergebnisse von Lean Construction	26
7 Elemente von Lean Construction unterstützenden Vertragsmodellen zur Förderung der Kollaboration zwischen Projektpartnern	31
8 Führung, Perspektive Mensch (Lean Leadership)	33
9 Methodenkatalog	38
Anhang A Arbeitshilfen – Projekt- und Prozessdiagnose	40
A1 Gesamtprojekt-Prozessanalyse	41
A2 Systematische Multimomentaufnahme	43
A3 Wertstromanalyse	46
A4 Spaghettidiagramm	49
A5 Material- und Informationsflussanalyse	50
A6 Waste Walk	52
A7 Hands on Tool Time	54

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	4
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Basic principles of lean construction	7
4.1 The idea of lean construction	7
4.2 Lean principles for planning and production processes	8
5 Possibilities of implementing lean construction principles along the construction chain	13
5.1 Roles and benefits of lean construction	14
5.2 Implementation of lean construction in projects	22
5.3 Implementation of lean construction in organisations and enterprises	24
6 Measurability of lean construction results	26
7 Elements of contract models supporting lean construction and promoting collaboration between project partners	31
8 Lean leadership, the human perspective	33
9 Method catalogue	38
Annex A Method sheets – Project and process diagnosis	56
A1 Overall process analysis	57
A2 Systematic work sampling	59
A3 Value stream mapping	62
A4 Spaghetti diagram	65
A5 Material and information flow analysis	66
A6 Waste walk	68
A7 Hands-on-tool time	70

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)
Fachbereich Bautechnik

VDI-Handbuch Bautechnik

[This is a preview. Click here to purchase the full publication.](#)

Inhalt	Seite
Anhang B Arbeitshilfen – Organisation und Steuerung	72
B1 Big Room.....	72
B2 Projektsteuerungsraum (Obeya).....	74
B3 Letzte-Planer-Methode als kooperative integrative Projektentwicklung (nach <i>G. Ballard</i>)	77
B4 Taktplanung und Taktsteuerung.....	82
B5 Scrum – Agiles Projektmanagement.....	85
B6 Ordnung und Sauberkeit (5S)	88
Anhang C Arbeitshilfen – kontinuierliche Verbesserung und Lernen	107
C1 Ursachenanalyse – 5-W-Methode.....	107
C2 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess – PDCA-Zyklus	108
C3 Problemlösungs- und Entscheidungsfindungsprozess – A3-Methode	110
C4 Vier-Stufen-Methode	112
Schrifttum	121

Contents	Page
Annex B Method sheets – Organisation and control	90
B1 Big Room.....	90
B2 Project control room (Obeya)	92
B3 Last Planner® System for cooperative integrative project management (according to <i>G. Ballard</i>).....	94
B4 Timeline operation and timeline control.....	99
B5 Scrum – Agile project management.....	102
B6 Order and cleanliness (5S).....	105
Annex C Method sheets – Continual improvement and learning.....	114
C1 Root cause analysis – 5-whys method ...	114
C2 Continual improvement process – PDCA cycle	115
C3 Problem-solving and decision-making process – A3 method	117
C4 Four-step instruction method	119
Bibliography	121

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2553.

Einleitung

Bei der Anwendung von Lean Construction wird die kontinuierliche Verbesserung von Planungs- und Bauprozessen in kleinen Schritten hin zu einer höheren Wertschöpfung verfolgt.

Voraussetzung für die systematische Verbreitung ist, dass die Branche einen gemeinsamen Sprachgebrauch findet. Es werden Ansätze und Methoden beschrieben, die Baupartnern/Baubeteiligten (siehe Begriffsdefinition) die Möglichkeit bieten, passende Vorgehensweisen und Handlungsansätze zur Wertschöpfungssteigerung zu erarbeiten. Der Begriff „Lean Construction“ wird dem Begriff „Lean Management im Bauwesen“ innerhalb dieses Dokuments gleichgestellt.

Es bestehen Synergien zwischen dem Thema „Lean Construction“ und anderen Arbeitsfeldern, insbesondere zur Thematik von Building Information Modeling (BIM) und Ansätzen von ganzheitlichen Produktionssystemen (Richtlinienreihen VDI 2552 bzw. VDI 2870 und VDI 2871). In der Bauwirtschaft bestehen spezifische Charakteristika im Vergleich zur stationären Industrie und es bedarf spezifischer Herangehensweisen zur Wertschöpfungssteigerung.

Im Grundlagenteil der Richtlinie werden die Begrifflichkeiten von Lean Construction, Hintergründe sowie Ansätze einer passenden Unternehmenskultur, Führungsstrategien, kooperative Vertragsformen- und Unternehmensprinzipien dargestellt. Der Anhang beinhaltet Arbeitshilfen mit Vorlagenblättern und Praxisbeispielen zu verschiedenen Methoden, die drei Kategorien zugeordnet sind:

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2553.

Introduction

Lean construction aims to achieve continual improvement of planning and construction processes in small steps towards higher added value.

Systematic application of lean construction requires that the industry finds a common terminology. The standard describes approaches and methods that enable the construction partners/stakeholders (see terms and definitions) to develop appropriate procedures and approaches for increasing the added value. For the purposes of this standard, “lean construction” is used synonymously with the term “lean management in construction”.

Synergies exist between lean construction and other issues, particularly building information modeling (BIM) and lean production systems (series of standards VDI 2552, VDI 2870 and VDI 2871). The construction industry has specific characteristics distinguishing it from fixed position manufacturing, and specific procedures for increasing the added value are required.

The main part of the standard dealing with the fundamentals describes the terminology of lean construction, the background and approaches to an appropriate enterprise culture, leadership strategies, cooperative contract types and enterprise principles. The method sheets provided in the Annex contain templates and practical examples of various methods and tools allocated to three categories:

- Projekt- und Prozessanalyse
- Organisation und Steuerung
- kontinuierliche Verbesserung und Lernen

Baubeteiligte können, basierend auf dem individuellen Bedarf, verschiedene bauspezifische Methoden und Führungsansätze herausgreifen, unabhängig von der Größe der Projekte und des Unternehmens. Ebenso haben auch Auftraggeber die Möglichkeit, bereits in der Ausschreibung von Projekten von den Beteiligten bestimmte methodische Arbeitsweisen, passend für ein kommendes Projekt, einzufordern. Geeignete Projektstrukturen, die ebenfalls in dieser Richtlinie beschrieben sind, begünstigen die Effektivität der Umsetzung.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beinhaltet Grundlagen, Ansätze und Methoden zur Einführung von ganzheitlichen Gestaltungsprinzipien in Planungs- und Bauprozessen. Sie ist aus den verschiedenen Perspektiven der Baubeteiligten (insbesondere Bauherren, Planer und Ausführende) direkt anwendbar. Ziel ist es, durch passende Lean-Construction-Ansätze Prozesse zu optimieren und nachhaltige und zielführende Ergebnisverbesserungen in Qualität, Kosten und Zeit zu erreichen. Ebenfalls beschreibt die Richtlinie die besondere Berücksichtigung des „Faktors Mensch“ bei der Einführung einer Lean-Organisation und einer damit verbundenen neuen Führungskultur. Auch die in den Anhängen als Methodenblätter bereitgestellten Vorlagenbeispiele entlang der Kategorien

- a) Analyse,
- b) Organisation und Steuerung sowie
- c) kontinuierliche Verbesserung

bieten direkte Übertragbarkeit auf Projekte und Baubeteiligte.

2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 2870 Blatt 1:2012-07 Ganzheitliche Produktionssysteme; Grundlagen, Einführung und Bewertung

VDI 4700 Blatt 1:2015-10 Begriffe der Bau- und Gebäudetechnik

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die Begriffe nach VDI 4700 Blatt 1 und die folgenden Begriffe:

- project and process analysis
- organisation and supervision
- continuous improvement and learning

Stakeholders in a construction project can select different construction-specific methods and leadership approaches based on the individual requirement, irrespective of the size of the project and of the enterprise. Likewise, clients can specify as early as in the project tender stage that stakeholders use specific methodical approaches to their work, suitable for an upcoming project. Appropriate project structures, which are also described in this standard, are conducive to effective implementation.

1 Scope

This standard contains fundamentals, approaches, and methods for the implementation of lean principles in planning and construction processes. It is directly applicable from the different perspectives of the stakeholders (particularly building owners, planners, and contractors). The aim is to optimise processes by means of suitable lean construction approaches and achieve sustainable and successful result improvements in terms of quality, costs, and time. Furthermore, the standard describes the particular consideration of the “human factor” in implementing a lean organisation and the associated new leadership culture. The example templates made available in the Annexes as method sheets for the categories

- a) analysis,
- b) organisation and control, and
- c) continual improvement

are also directly applicable to projects and stakeholders.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

VDI 2870 Part 1:2012-07 Lean production systems; Basic principles, introduction, and review

VDI 4700 Part 1:2015-10 Terminology of civil engineering and building services

3 Terms and definitions

For the purposes of this standard, the terms and definitions as per VDI 4700 Part 1 and the following terms and definitions apply:

Bauprozesskette

Umsetzungsvorgehen eines Bauprojekts von Idee, Konzeptionierung, Planung, Bauausführung bis hin zu Betrieb und Rückbau

Baubeteiligte (am Bau Beteiligte)

alle zu einem Zeitpunkt in der Wertschöpfungskette an einem Bauprojekt beteiligten Organisationen und Unternehmen von Bauherr, Projektsteuerer, Planer, Bauunternehmen, Baupartner bis hin zu Unternehmen der Bauzulieferindustrie und Betreibern

Baupartner

ausführender Partner des projektführenden Unternehmens

ganzheitliches Produktionssystem

spezifisches, methodisches Regelwerk zur umfassenden und durchgängigen Gestaltung der Projekt- oder Unternehmensprozesse einer im Bauwesen tätigen Organisation [in Anlehnung an VDI 2871 Blatt 1]

Kooperation

Zusammenarbeit, basierend auf Transparenz und Offenheit, zur Verfolgung gemeinsamer Ziele innerhalb von Bauprojekten, von Unternehmen oder unternehmensübergreifend

Kollaboration

proaktive Zusammenarbeit aller Baubeteiligten zur Erreichung eines gemeinsam zuvor definierten Projekterfolgs mit möglicher Risikoteilung

Kunde

Bauherr sowie auch der Eigner des nachfolgenden Prozesses (z.B. nachfolgendes Gewerk oder Fachplaner)

Methode

bestimmte standardisierte Vorgehensweise, die einem Gestaltungsprinzip oder einer Ausrichtung zugeordnet ist und zur Erreichung von Projekt- und/oder Unternehmenszielen eingesetzt wird [in Anlehnung an VDI 2870 Blatt 1 nach [29]]

Prinzip

fester allgemeiner Grundsatz, der Methoden und Werkzeugen übergeordnet ist

Projekt

(Bau-)Vorhaben, das im Wesentlichen durch die Einmaligkeit der Bedingungen in seiner Gesamtheit gekennzeichnet ist, insbesondere hinsichtlich der Zielvorgaben sowie zeitlicher, finanzieller, personeller oder anderer Bedingungen [in Anlehnung an DIN 69901-5]

construction chain

procedure for implementing a construction project from the idea, conceptual design, planning, and construction execution to operation and deconstruction

stakeholders

all organisations and enterprises involved in a construction project at any point in time along the value chain, from the building owner, project controller, planner, contractor, construction partner to construction industry suppliers and operators

construction partner

executing partner of the project management enterprise

lean production system

specific, methodical system of rules for comprehensive and consistent designing of the project or enterprise processes of a construction organisation [adapted from VDI 2871 Part 1]

cooperation

teamwork based on transparency and openness, aiming to pursue common targets within construction projects, within or among enterprises

collaboration

proactive teamwork of all stakeholders in a construction project to achieve a collaboratively predefined project success while sharing any risk

client

building owner and also the owner of the subsequent process (e.g. subsequent trade or specialist planner)

method

specific standardised procedure or tool that is assigned to a principle or an orientation and is used to achieve project and/or enterprise targets [adapted from VDI 2870 Part 1 according to [29]]

principle

specified general rule to which methods and tools are assigned

project

planned (construction) undertaking essentially characterised by the uniqueness of the conditions in its entirety, particularly with regard to set targets as well as time, financial, workforce, or other conditions [adapted from DIN 69901-5]

Projektziel

angestrebter zukünftiger Zustand eines Projekts, der aus der übergeordneten Projektstrategie (Vergabe und Vertragsinhalte) definiert ist

Strategie

rational geplantes, in sich stimmiges komplexes Maßnahmenbündel, das von der Unternehmensführung zur Erreichung von Unternehmenszielen vorgegeben wird [in Anlehnung an VDI 2870 Blatt 1]

Taktung (1)

<Produktion> Rhythmus eines Produktionsprozesses, das heißt, die durchschnittliche Zeit (Zykluszeit), in der eine Mengeneinheit ein Produktionssystem verlässt

Taktung (2)

<Bauwesen> Zeit, die ein Gewerk zur Fertigstellung einer wiederkehrenden Mengeneinheit benötigt

Transparenz (1)

<allgemein> klare Kommunikation von Prozessabläufen und Zielen

Transparenz (2)

<Lean Management> Objektivierung der erbrachten Leistung, ausgedrückt durch Kennzahlen

Unternehmensziel

angestrebter zukünftiger Zustand eines Unternehmens, aus dem die übergeordnete Unternehmensstrategie abgeleitet ist [VDI 2870 Blatt 1]

Verschwendung

unnötiger Ressourcenverbrauch, der nicht zur Wertschöpfungssteigerung eines Produkts oder einer Dienstleistung beiträgt

Anmerkung 1: Innerhalb von Lean Production sind sieben Arten der Verschwendung definiert: Überproduktion, Bestände, Transport, Wartezeiten, Nacharbeit, Bewegung und unnötige Bearbeitungsschritte. [in Anlehnung an VDI 2870 Blatt 1]

Anmerkung 2: Im Rahmen von Lean Construction kommt eine achte Art der Verschwendung, das ungenutzte Mitarbeiterpotenzial, hinzu (siehe Tabelle 2 in Abschnitt 4.2).

Werkzeug

standardisiertes, physisch vorhandenes Mittel (inklusive Software), das zur Anwendung oder Umsetzung von Methoden notwendig ist [VDI 2870 Blatt 1]

Anmerkung 1: Werkzeuge sind einem Gestaltungsprinzip zugeordnet und werden zur Erreichung von Projekt- und/oder Unternehmenszielen eingesetzt. [29]

Anmerkung 2: Zwischen Methoden und Werkzeugen können Beziehungen bestehen: Ein oder mehrere Werkzeuge können einer oder mehreren Methoden zugeordnet sein. Jedoch ist es möglich, dass sowohl Methoden als auch Werkzeuge für sich

project target

sought future state of a project that is defined by the overall project strategy (contract award and contents of contract)

strategy

rationally planned, coherent, complex bundle of measures that is defined by the leadership of the enterprise to achieve enterprise targets [adapted from VDI 2870 Part 1]

cycle time (1)

<production> rhythm of a production process, i.e. the average time until a unit leaves a production system

cycle time (2)

<construction> time required by a trade for completion of a repetitive unit

transparency (1)

<general> clear communication of process flows and targets

transparency (2)

<lean management> objectification of performance, expressed in terms of key performance indicators (KPIs)

enterprise target

sought future state of an enterprise from which the overall enterprise strategy is derived [VDI 2870 Part 1]

waste

unnecessary use of resources which does not contribute to increasing the added value of a product or service

Note 1: In the framework of lean production, seven types of waste are defined: overproduction, inventory, transportation, waiting, correction, movement, and over-processing. [adapted from VDI 2870 Part 1]

Note 2: In the framework of lean construction, an eighth type of waste is added, namely unused human resources (see Table 2 in Section 4.2).

tool

standardised, physically available means (including software), which is necessary for the application or implementation of methods [VDI 2870 Part 1]

Note 1: Tools are assigned to a principle and are used for achieving project and/or enterprise targets. [29]

Note 2: Relations can exist between methods and tools: One or more tools can be assigned to one or more methods. It is, however, possible that both methods as well as tools stand alone in a principle or application area. [VDI 2870 Part 1]

allein in einem Gestaltungsprinzip oder Anwendungsbereich stehen. [VDI 2870 Blatt 1]

4 Grundlagen von Lean Construction

Im Folgenden werden das Verständnis von Lean Construction und die ganzheitlichen Gestaltungsprinzipien für Planungs- und Produktionsprozesse im Bauwesen beschrieben.

4.1 Verständnis von Lean Construction

Lean Construction umfasst Ansätze zur nachhaltigen Wertschöpfungssteigerung und Verschwendungsreduzierung im Bauwesen. Die dazugehörige Projektumsetzungskultur basiert auf

- Transparenz und Zusammenarbeit,
- effizienzsteigernden Methoden und
- kontinuierlicher Verbesserung und Lernen.

Bei konsequenter Umsetzung von Lean Construction geht es nicht primär darum, ein einmalig definiertes Ergebnis zu erreichen. Vielmehr handelt es sich um einen kontinuierlichen Prozess der kleinen Schritte, hin zu einer höheren Wertschöpfung.

Lean Construction ist anwendbar innerhalb eines Bauprojekts und innerhalb eines oder mehrerer Unternehmen und Organisationen (z.B. Bauherr, Planer, Bauausführende, Lieferanten). Dabei wird ein ganzheitlicher Ansatz zur Planung und Umsetzung von Bauprojekten und ihren Einzelprozessen verfolgt. Kundenzufriedenheit, die Kooperation aller Baubeteiligten sowie der Projekterfolg sind die zentralen Elemente. Darüber hinaus gelten diese Ansätze auch für den Betrieb. Dabei profitieren die Baubeteiligten bei einem Bauprojekt von einer prozessorientierten und strukturierten Vorgehensweise und verfolgen das Ziel der Wertschöpfungssteigerung und Verschwendungsreduzierung.

Bei Anwendung von Lean Construction werden die Projektziele und Erfolgsfaktoren möglichst frühzeitig gemeinsam und messbar definiert. Die Baubeteiligten verpflichten sich darauf. Dies dient als Grundlage für Kollaboration unter den Baubeteiligten und der Messbarkeit des Erfolgs.

Lean Construction nutzt des Weiteren auch den Faktor der Wiederholung von Arbeitsschritten. Dieser führt im Zusammenhang mit einer Bauproduktionsplanung bei den Ausführenden zu einem Lerneffekt und bei richtiger Nutzung zu einem hohen Grad an Effizienz. Grundlage ist eine entsprechende Strukturierung der Planungs- und Bauprozesse sowie eine Projekt- und Unternehmenskultur mit der Zielsetzung, aus Fehlern zu lernen und anstelle partikulärer Einzelinteressen den Gesamterfolg zu verfolgen. Dies bedarf passender Rahmenbedingungen der Projekt- und Unterneh-

4 Basic principles of lean construction

In the following sections, the idea of lean construction and the lean principles for planning and production processes in construction are described.

4.1 The idea of lean construction

Lean construction comprises approaches for a sustainable increase of added value and waste reduction in construction. The associated project implementation culture is based on

- transparency and teamwork,
- efficiency-raising methods, and
- continuous improvement and learning.

Consistent implementation of lean construction is not primarily about achieving a singular defined result. Rather, it is a continual process of small steps towards a higher added value.

Lean construction is applicable within a construction project as well as among one or several enterprises and organisations (e.g. building owner, planner, contractor, supplier). The approach followed for the planning and implementation of construction projects and their individual processes is a holistic one. Client satisfaction, cooperation of all stakeholders, and project success are the core elements. Furthermore, these approaches also apply to operation. The stakeholders in a construction project benefit from a process-oriented and structured procedure while aiming to increase added value and reduce waste.

Project targets and success factors are defined as early as possible, when a lean construction approach is applied. Stakeholders commit themselves concertedly and in measurable terms to these targets. This provides a basis for collaboration among stakeholders and for the measurability of success.

Lean construction also makes use of the factor of the repetition of work steps. This promotes learning in connection with production planning in by those performing the work and, if properly applied, yields to a high degree of efficiency. Basic requirements are suitably structured planning and construction processes as well as a project and enterprise culture that aims to learn from failures and to pursue overall success rather than individual interests. This calls for appropriate boundary conditions of project and enterprise organisation, e.g., an incentive programme specifically initiated for

mensorganisation, beispielweise eines vom Bauherrn/Auftraggeber dafür initiierten Anreizsystems oder einer kooperativen Vertragsform.

Herkunft und Ableitung von Lean Construction aus Lean Production

Die Ursprünge von Lean Production (schlanke Produktion als ganzheitliches Produktionssystem) liegen in der Automobilindustrie. Weltweite Studien zur Untersuchung von Produktivität haben gezeigt, dass sich bestimmte Methoden und Ansätze als wesentlich wertschöpfender herausstellten als beispielsweise herkömmliche Ansätze der Fließbandproduktion. Die Definition von Lean Production ist nicht eindeutig. Eine der gängigsten Erläuterungen lautet „Werte ohne Verschwendung“ zu schaffen, also alle Aktivitäten, die für die Wertschöpfung notwendig sind, optimal aufeinander abzustimmen und überflüssige Tätigkeiten zu vermeiden.

Ausgehend von der Automobilindustrie wurden Produktionsprinzipien entwickelt und verallgemeinert, wodurch Unternehmen mit diesen Vorgehensweisen deutliche Produktivitätssteigerungen erzielen konnten. Eine hohe Transparenz der Effizienz von Produktionsschritten führt zu einem Innovationsdruck, um die betrachteten Prozesse kontinuierlich zu verbessern. Diese Ansätze sind in VDI 2870 Blatt 1 beschrieben.

Da sich auch bei Planungs- und Bauprojekten viele Prozessschritte wiederholen und zugleich durch das Zusammenwirken verschiedener Gewerke Komplexität besteht, gibt es vom Kern her einige Ähnlichkeiten mit der stationären Produktion. Es lassen sich manche Lean-Production-Ansätze direkt auf die Bauwirtschaft übertragen. Dennoch bestehen auch Unterschiede zwischen der stationären Fertigungsindustrie und dem Bauwesen; diese sind insbesondere in Tabelle 1 dargestellt.

Diese Randbedingungen innerhalb der Planung und Umsetzung von Bauprojekten bedürfen im Vergleich zur stationären Produktion teilweise anderer Vorgehensweisen und adaptierter Produktionsprinzipien, die auf allen Projektebenen umzusetzen sind. In den Anhängen dieser Richtlinie sind dazu verschiedene Arbeitshilfen, Werkzeuge und Methoden gegeben. Hierbei wird der Ansatz „Kopieren statt Kopieren“ (Richtlinienreihe VDI 2870) verfolgt.

4.2 Ganzheitliche Gestaltungsprinzipien für Planungs- und Produktionsprozesse

Die Berücksichtigung der kompletten Wertschöpfungskette Bau über alle Phasen des Planens, Bau-

this purpose by the building owner/client, or a cooperative contract type.

Origin and derivation of lean construction from lean production

The origins of lean production (lean production as an integrated production system) lie in the automotive industry. Worldwide research studies to investigate on productivity have revealed certain methods and approaches that create considerably higher added value than, e.g., conventional approaches of assembly-line production. Lean production is not clearly defined. One of the most common explanations is to create “values without waste”, i.e. to optimally coordinate all activities required for value addition while avoiding unnecessary activities.

Starting from the automotive industry, production principles have been developed and generalised so that enterprises could achieve significant increases in productivity with these procedures. High transparency of the efficiency of production steps creates pressure to innovate so as to continually improve the processes considered. These approaches are described in VDI 2870 Part 1.

Given that planning and construction projects also contain many repetitive process steps while being complex due to the interactions of various trades, they have several fundamental similarities with fixed position manufacturing. Some lean production approaches are directly applicable to the construction industry. However, there are also differences between fixed position manufacturing and the construction industry; they are listed in Table 1.

These boundary conditions within the planning and implementation of construction projects partly require other procedures and adapted production principles to be implemented at all project levels, when compared to fixed position manufacturing. The Annexes to this standard provide pertinent method and tool sheets. The approach followed here is “understand rather than copy” (series of standards VDI 2870).

4.2 Lean principles for planning and production processes

The consideration of the entire value chain of construction along all phases of planning, construction,

Tabelle 1. Typisierte Gegenüberstellung von Fertigungscharakteristiken zwischen stationärer Produktion und Baustellenproduktion

Stationäre Produktion	Baustellenproduktion
<ul style="list-style-type: none"> • Mensch und Maschinen sind standortbezogen fest. • Produkte wandern von Station zu Station innerhalb eines witterungsgeschützten Raums. • Längerfristige Rahmenverträge bestehen mit Zulieferern. • Die Fertigungsproduktion beginnt in der Regel erst nach abgeschlossener und detaillierter Planung und Testphase. • in der Regel Serienfertigung 	<ul style="list-style-type: none"> • Bauprojekte sind ortsveränderliche Arbeitssysteme, wobei die Arbeitsstationen (Gewerke) ebenfalls innerhalb des Projekts wandern. • Fertigungseffizienz auf der Baustelle ist wechselnden Einflüssen durch Witterung, Temperatur und Verkehr stärker ausgesetzt. • Zusammenarbeit mit Nachunternehmern findet in der Regel projektbezogen statt, ohne längerfristige Rahmenverträge. Auch die Teamzusammensetzung ist in der Regel in jedem Projekt neu. • Die Baustellenfertigung beginnt häufig bereits, bevor die Detailplanung des Gesamtprojekts abgeschlossen ist, aufgrund enger, vertraglich festgelegter Projektzeiten. • Bei fortwährender Einbindung des externen Kunden (beispielsweise Bauherr) in den Leistungserstellungsprozess entstehen häufig spät eintreffende Änderungen aufgrund kundenspezifischer Bedürfnisse.

Table 1. Comparison of typical characteristics between fixed position manufacturing and construction site production

Fixed position manufacturing	Construction site production
<ul style="list-style-type: none"> • People and machinery are stationary in a fixed location. • Products move from station to station in a weatherproof space. • Long-term framework contracts exist with suppliers. • As a rule, manufacturing does not begin before completion of detailed planning and test phase. • as a rule, series production 	<ul style="list-style-type: none"> • Construction projects are non-stationary work systems, with the work stations (trades) also moving within the project. • Manufacturing efficiency on the construction site is more exposed to varying influences due to weather, temperature, and traffic. • As a rule, teamwork with subcontractors is project-related, without longer-term framework contracts. Also, a new team is usually formed for each new project. • Construction site manufacture often already begins before detailed planning of the overall project has been completed, due to tight contractual project deadlines. • Sustained involvement of the external client (e.g. building owner) in the order fulfilment process often leads to late modifications due to client-specific requirements.

ens und Betreibens eröffnet die Möglichkeit zur ganzheitlichen Optimierung.

Bei der Übertragung der Lean-Production-Methode aus der Automobilindustrie auf die Bauwirtschaft wurden Gestaltungsprinzipien in Planungs- und Produktionsprozessen, die sich bewährt haben, abstrahiert, adaptiert und weiterentwickelt. Die grundlegenden Gestaltungsprinzipien von Lean Production sind in VDI 2870 Blatt 1 beschrieben. Angepasst auf die Bedürfnisse der Bauwirtschaft zu Lean Construction sind die folgenden Gestaltungsprinzipien zu nennen.

Kundenprinzip

Nach der Lean-Management-Philosophie werden alle Geschäftstätigkeiten auf die Erfüllung der Kundenwünsche ausgerichtet. Alles, was der Kunde nicht bereit ist zu zahlen oder was er nicht ver-

and operation provides an opportunity for all-encompassing optimisation.

In transferring the lean production method from the automotive to the construction industry, approved principles in planning and production processes were abstracted, adapted, and refined. The fundamental principles of lean production are described in VDI 2870 Part 1. The lean construction principles, tailored to the needs of the construction industry, are described below.

Client orientation

According to the lean management philosophy, all operations are geared to fulfilling the client requirements. Anything that the client would not be willing to pay for or anything not useful for the

wenden kann, wird als Verschwendung betrachtet. Es gilt, den Bedarf des Kunden sowohl quantitativ als auch qualitativ präzise zu identifizieren und die Geschäftstätigkeiten zur Befriedigung dieses Bedarfs, also die Schaffung des Werts aus Kundensicht, so effizient wie möglich zu gestalten. In der Baubranche besteht die Wertschaffung in der Realisierung des Bauobjekts. Dazu gehören sowohl die physische Bauausführung als auch alle für die Ausführung notwendigen Prozesse: von der Planung über die Kalkulation, den Einkauf sowie das Kundenwunschmanagement bei Eigentumswohnungen und Häusern bis hin zum Betrieb.

Fließprinzip

Ziel ist es, einen durchgängigen Fluss von Ressourcen, Material und Information innerhalb der Planungs- und Bauproduktion zu gewährleisten. Dieses Prinzip geht ursprünglich auf die Fließbandproduktion zurück. In der Bauplanung und -produktion bedeutet dies einerseits, einen kontinuierlichen Fluss der Arbeitsleistungen der Gewerke hinsichtlich Personal und Material zu sichern, andererseits, einen durchgängigen Fluss aller Informationen vom Design bis zum einzelnen Prozessschritt in der Bauproduktion zu gewährleisten. In der stationären Industrie spricht man von sieben Flüssen, die gewährleistet sein müssen, um die Produktion aufrechtzuerhalten. In der Bauindustrie sind es nach aktuellen Forschungen acht Hauptflüsse:

- Menschen
- Informationen
- gemeinsames Verständnis
- Geräte
- Materialien
- Vorleistungen
- sicherer Arbeitsplatz
- äußere Bedingungen

Pull-Prinzip

Dieses Prinzip strebt die Versorgung eines Arbeitsgangs in der Form an, dass der nachgelagerte Arbeitsgang die für seine Tätigkeit notwendigen Mittel (z.B. Information und Material) bei dem vorgelagerten Arbeitsgang nur in der benötigten Menge und zum benötigten Zeitpunkt abholt.

Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass der vorgelagerte Arbeitsgang zu diesem Zeitpunkt auch die benötigte Menge bereitstellen kann. Der hierfür notwendige Informationsfluss strömt dem Materialfluss entgegen. Beispiele für dieses Vorgehen im Bau wären *bei der Planung* die taktorientierte Übergabe der zur Ausführung notwendigen Unterlagen

client is regarded as waste. It is essential to precisely identify the client's demand both quantitatively and qualitatively and that the operations for satisfying this demand, i.e. the creation of value from the client's point of view, be organised as efficiently as possible. In the construction industry, value is created by executing the construction project. This includes the execution of the physical construction but also all processes required for the execution: from planning, calculation, purchasing as well as client requirement management in the case of owner-occupied flats and houses up to facility management.

Flow principle

The aim is to ensure a continuous flow of resources, materials, and information during planning and construction production. The origin of this principle can be traced back to assembly-line production. In construction planning and production, this means to ensure not only a continuous flow of job performance by the trades in terms of workforce and materials but also a continuous flow of all items of information. It starts from the design up to the individual process steps in construction production. In fixed position manufacturing, seven flows are considered essential for maintaining production. According to current research, the construction industry has eight primary flows:

- human resources
- information
- common understanding
- equipment
- materials
- prerequisite activities
- safe workplace
- external conditions

Pull principle

According to this principle, a work operation shall be supplied in such a manner that a downstream operation requests the resources necessary for its activity (e.g. information and materials) from the upstream operation only as and when required.

Conversely, this means that the upstream operation shall be able to provide the required quantity at the requested time. The direction of the necessary information flow is opposite to the flow of materials. Examples of this procedure in construction would be *in planning* the timeline-based delivery of the documentation required for execution or *in execu-*