

# **LEAN SIX SIGMA ORANGE BELT**

**MINDSET, SKILL SET & TOOL SET**

DE BEKLIMMING  
(CLIMBING THE MOUNTAIN)

ir. H.C. Theisens

EERSTE DRUK

Lean Six Sigma Academy®

© Copyright LSSA BV, 2021  
*Enschede*

**Titel:** Lean Six Sigma Orange Belt  
Mindset, Skill set & Tool set

**Serie:** De Beklimming (NED)  
Climbing the Mountain (ENG)

**Auteur:** ir. H.C. Theisens

**Afbeeldingen:** R. Verreijt

**Uitgever:** Lean Six Sigma Academy  
© Copyright LSSA BV, 2021  
Enschede, Nederland

**Contact:** Neem contact met ons op of bezoek onze website voor meer informatie,  
volumekortingen, online verkoop en licentie op trainingsmateriaal

[www.lssa.eu](http://www.lssa.eu)  
[info@lssa.eu](mailto:info@lssa.eu)

**Druk:** Eerste druk  
ISBN 978-94-92240-248  
NUR 100

*Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, door fotokopieën of anderszins, zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.*

*Gedeeltes van de informatie in dit boek zijn afgedrukt met toestemming van Minitab Inc. Alle rechten voorbehouden. MINITAB® en alle andere handelsmerken en logo's voor producten en diensten van het bedrijf zijn het exclusieve eigendom van Minitab Inc. Alle andere merken waarnaar wordt verwezen blijven het eigendom van hun respectievelijke eigenaars. Zie [minitab.com](http://minitab.com) voor meer informatie.*

*De structuur van dit boek is gebaseerd op de LSSA® Syllabus (rev. 3.2, 2021) en het Continuous Improvement Maturity Model – CIMM™. U hebt toestemming om dit model in zijn oorspronkelijke vorm te delen en te verspreiden door te verwijzen naar de uitgever en de auteur, (LSSA®, Theisens et. Al., 2021).*

*Gedrukt in Nederland.*

# Inhoud

<b>INLEIDING</b> .....	<b>7</b>
<b>HOE DIT BOEK TE GEBRUIKEN</b> .....	<b>8</b>
<b>VOORWOORD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 WORLD CLASS</b> .....	<b>11</b>
1.1 CONTINU VERBETEREN .....	12
1.1.1 <i>Geschiedenis van continu verbeteren</i> .....	12
1.1.2 <i>Waarden en principes van continu verbeteren</i> .....	17
1.1.3 <i>Continuous Improvement Maturity Model</i> .....	27
1.1.4 <i>Rollen en verantwoordelijkheden</i> .....	30
1.2 KLANTWAARDE .....	32
1.2.1 <i>Voice of Customer (VOC)</i> .....	32
1.2.2 <i>Critical to Quality (CTQ)</i> .....	34
<b>2 POLICY DEVELOPMENT EN DEPLOYMENT</b> .....	<b>39</b>
2.1 POLICY DEVELOPMENT .....	40
2.1.1 <i>Visie en missie (True North)</i> .....	40
2.1.2 <i>Transformatie roadmap</i> .....	43
2.1.3 <i>Performance en financiële indicatoren</i> .....	44
2.2 POLICY DEPLOYMENT .....	47
2.2.1 <i>Verandermanagement</i> .....	48
<b>3 PROJECTMANAGEMENT</b> .....	<b>51</b>
3.1 MANAGEN VAN EEN PROJECT .....	52
3.1.1 <i>Project selectieproces</i> .....	52
3.1.2 <i>Project charter</i> .....	54
3.2 ROADMAPS VOOR PROCESVERBETERING .....	57
3.2.1 <i>Kaizen-roadmap (PDCA)</i> .....	57
3.2.2 <i>Problem solving roadmap (8D)</i> .....	60
3.2.3 <i>Lean Six Sigma roadmap (DMAIC)</i> .....	62
3.2.4 <i>Scrum</i> .....	65
<b>4 CIMM LEVEL I – CREËER EEN SOLIDE FUNDAMENT</b> .....	<b>69</b>
4.1 PROFESSIONELE WERKOMGEVING .....	70
4.1.1 <i>Georganiseerde werkomgeving (5S)</i> .....	70
4.2 GESTANDAARDISEERD WERK .....	76
4.2.1 <i>Standaarden en protocollen</i> .....	76
4.2.2 <i>Training Within Industry (TWI)</i> .....	79
4.3 KWALITEITSMANAGEMENT .....	81
4.3.1 <i>Kwaliteitsmanagementsysteem</i> .....	81
<b>5 CIMM LEVEL II – CREËER EEN CONTINUE VERBETERCULTUUR</b> .....	<b>85</b>
5.1 VISUEEL MANAGEMENT .....	86
5.1.1 <i>Visuele werkomgeving</i> .....	86
5.2 PERFORMANCE MANAGEMENT .....	88
5.2.1 <i>Prestatiedialogoog en stand-up meetings</i> .....	88
5.2.2 <i>Kaizen-events en problem solving</i> .....	92
5.3 BASIC QUALITY TOOLS .....	95
5.3.1 <i>Brainstormtechnieken</i> .....	95
5.3.2 <i>Visualisatie van data</i> .....	100

<b>6</b>	<b>CIMM LEVEL III – CRÉÉER STABIELE EN VOORSPELBARE PROCESSEN.....</b>	<b>111</b>
	<b>DEFINE .....</b>	<b>113</b>
6.1	PROCESS MAPPING .....	113
6.1.1	<i>High level procesbeschrijving en SIPOC .....</i>	<i>113</i>
6.1.2	<i>Stroomdiagram .....</i>	<i>118</i>
	<b>MEASURE .....</b>	<b>120</b>
6.2	PRESTATIEMAATSTAVEN .....	120
6.2.1	<i>Prestatiemaatstaven (Tijd) .....</i>	<i>120</i>
6.2.2	<i>Prestatiemaatstaven (Kwaliteit) .....</i>	<i>125</i>
6.3	BASIS STATISTIEK.....	129
6.3.1	<i>Data typen en meetschalen .....</i>	<i>129</i>
6.3.2	<i>Technieken voor verzamelen van data .....</i>	<i>132</i>
6.3.3	<i>Beschrijvende statistiek .....</i>	<i>135</i>
	<b>ANALYZE .....</b>	<b>138</b>
6.4	WAARDESTROOM ANALYSE .....	138
6.4.1	<i>Waardetoevoegend versus Niet-waardetoevoegend .....</i>	<i>138</i>
6.4.2	<i>Value Stream Mapping (Current State) .....</i>	<i>139</i>
	<b>IMPROVE.....</b>	<b>142</b>
6.5	VERMINDEREN VAN VERSPILLING (MUDA) .....	142
6.5.1	<i>Verspillingen identificeren en elimineren.....</i>	<i>142</i>
6.6	VERMINDEREN VAN OVERBELASTING (MURI).....	145
6.6.1	<i>Flow .....</i>	<i>145</i>
6.6.2	<i>Gebalanceerde werkbelasting .....</i>	<i>147</i>
6.7	VERMINDEREN VAN ONEFFENHEDEN (MURA) .....	148
6.7.1	<i>Pull .....</i>	<i>149</i>
6.7.2	<i>Nivelleren van volume en type.....</i>	<i>154</i>
6.8	WAARDESTROOM VERBETERING.....	157
6.8.1	<i>Value Stream Mapping (Future State).....</i>	<i>157</i>
	<b>CONTROL.....</b>	<b>161</b>
6.9	BEHEERSBARE PROCESSEN.....	161
6.9.1	<i>First Time Right (FTR).....</i>	<i>162</i>
6.9.2	<i>Proces-FMEA (PFMEA) .....</i>	<i>166</i>
6.9.3	<i>Control plan .....</i>	<i>169</i>
6.10	TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM) .....	170
6.10.1	<i>TPM principes .....</i>	<i>170</i>

<b>7</b>	<b>CIMM LEVEL IV – CREËER CAPABELE PROCESSEN .....</b>	<b>173</b>
	<b>MEASURE .....</b>	<b>175</b>
7.1	STATISTISCHE TECHNIKEN .....	175
7.1.1	<i>Variatie</i> .....	175
7.1.2	<i>Steekproefmethodes</i> .....	180
7.2	KANSVERDELINGEN .....	181
7.3	MEETSISTEMEN .....	182
7.3.1	<i>Meetsysteemanalyse (MSA)</i> .....	182
	<b>ANALYZE .....</b>	<b>188</b>
7.4	HYPOTHESETOETSING EN BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN .....	188
7.4.1	<i>Hypothesetoetsing</i> .....	188
7.4.2	<i>Betrouwbaarheidsintervallen</i> .....	190
7.5	TOETSEN VOOR GEMIDDELDEN, PROPORTIES EN VARIANTIES .....	191
7.6	CORRELATIE EN REGRESSIE .....	192
7.6.1	<i>Correlatiecoëfficiënt</i> .....	192
7.6.2	<i>Regressieanalyse</i> .....	193
7.7	PROCES-CAPABILITY EN PERFORMANCE .....	194
7.7.1	<i>Proces-capability</i> .....	194
7.7.2	<i>Kortetermijn versus langetermijn capability</i> .....	197
	<b>IMPROVE.....</b>	<b>198</b>
7.8	DESIGN OF EXPERIMENTS (DOE) .....	198
7.8.1	<i>Principes en terminologie</i> .....	198
	<b>CONTROL .....</b>	<b>199</b>
7.9	STATISTISCHE PROCESBEHEERSING.....	199
7.9.1	<i>Regelkaarten</i> .....	200
<b>8</b>	<b>CIMM LEVEL V – CREËER TOEKOMSTBESTENDIGE PROCESSEN .....</b>	<b>203</b>
	<b>BIJLAGE A – THEORIE-EXAMEN.....</b>	<b>204</b>
	<b>BIJLAGE B – REFERENTIES .....</b>	<b>205</b>
	<b>BIJLAGE C – AFKORTINGEN.....</b>	<b>206</b>
	<b>INDEX.....</b>	<b>210</b>



## Inleiding

Zou je overwegen om een nieuw abonnement af te sluiten bij een mobiele provider als je vrienden maar blijven klagen over problemen met de verbinding of slechte service? Waarschijnlijk niet. Je zou waarschijnlijk ook niet naar een school willen gaan die slecht scoort in onderwijskwaliteit, of naar een kliniek met een slechte reputatie, of gaan eten in een restaurant waar je eerder slecht gegeten hebt of slecht werd bediend. Het maakt daarbij niet uit om welk product of dienst het gaat. Leverbetrouwbaarheid, goede kwaliteit en een goede service zijn belangrijk voor alle producten en diensten die we kopen. We verwachten een product dat aan onze verwachtingen voldoet en zonder enige tekortkoming. We verwachten een hoge mate van leverbetrouwbaarheid en ontvangen het product dat we bestellen nog het liefst de volgende dag in huis. De prijs die we bereid zijn te betalen moet in overeenstemming zijn met de kwaliteit en moet niet hoger zijn dan bij andere aanbieders.

Door de komst van internet is veel informatie over producten en leveranciers veel inzichtelijker geworden dan vroeger. Prijzen en prestaties zijn makkelijk te vergelijken. Als je als leverancier een slecht product op de markt zet of slechte service biedt, is dat direct inzichtelijk voor de hele wereld. Dit geldt niet alleen voor consumentenproducten, maar ook steeds meer voor business-to-business. Het wordt steeds makkelijker om prijzen van leveranciers te vergelijken en het bestellen van een product of dienst kan op ieder willekeurig moment. Als we een boek, schoenen of zelfs een auto kopen, willen we het product zo snel mogelijk ontvangen. Bovendien verwachten we van bedrijven dat ze elk jaar nieuwe modellen ontwikkelen en dat de prijs van dit nieuwe model gelijk is aan het oude model of zelfs lager. Heb jij, als consument, enig idee wat dit betekent voor bedrijven die deze producten moeten ontwikkelen en leveren? In de afgelopen decennia hebben toenemende kwaliteitsverwachtingen en de druk op korte levertijden een enorme impact gehad op innovatie, productie, kwaliteitsmanagement en op het integrale ketenbeheer. Bedrijven die niet in staat zijn om deze trend bij te houden zullen niet overleven. Ieder jaar moeten veel bedrijven, zowel kleine als grote, hun deuren sluiten omdat ze niet kunnen voldoen aan de toenemende verwachtingen van klanten. Bedrijven en organisaties moeten voortdurend hun processen en kwaliteit verbeteren en met innovaties komen.

Methodes en technieken op het gebied van procesverbetering en kwaliteitsmanagement worden al tientallen jaren toegepast. In de afgelopen eeuw zijn verschillende methoden ontwikkeld zoals Lean, Kaizen, Agile, 'Theory of Constraints' (TOC), 'Total Quality Management' (TQM), 'Total Productive Maintenance' (TPM) en Six Sigma. Deze methoden hebben veel bedrijven geholpen om aanzienlijke verbeteringen te realiseren.

De afgelopen jaren heeft een integratie plaatsgevonden van procesverbeteringsmethodieken die hun kracht bewezen hebben. De basis voor dit boek is het 'Continuous Improvement Maturity Model' (CIMM™). Dit is een raamwerk waarin alle eerdergenoemde methodieken en bijbehorende instrumenten een heldere plek krijgen. Het beschrijft welke aanpak en welke instrumenten het beste passen bij een bepaald volwassenheidsniveau van de organisatie. Dit model is tot stand gekomen door met tientallen experts en organisaties te praten over welke aanpak het meest succesvol was in een bepaalde situatie. Dit boek geeft daarmee een nieuwe kijk op de manier waarop bekende methodieken en instrumenten het beste kunnen worden toegepast om doorlooptijden te verkorten, kwaliteit te verbeteren en dienstverlening te verbeteren.

De beklimming naar de 'Top van de berg' is niet altijd eenvoudig. De weg naar boven zit vol met technische en organisatorische obstakels. Om de top te bereiken zul je die obstakels moeten ontdekken en stuk voor stuk moeten wegnemen. Tegelijkertijd is het ook een interessante reis, leerzaam en bevredigend. Houd hierbij het doel van de reis altijd in het oog: het fantastische uitzicht.

## Hoe dit boek te gebruiken

Dit boek is bedoeld voor diegenen die zelf aan de slag wil gaan met het uitvoeren van verbeterprojecten op de werkvloer of in de eigen werkomgeving. Daarnaast is dit boek bedoeld voor iedereen die als teamlid deelneemt in een groter Lean of Six Sigma, Green of Black Belt project.

Typische doelstellingen van een Lean-project zijn het verkorten van de doorlooptijd of verwerkingstijden. Een Lean-project kan er ook op gericht zijn de operationele kosten te verlagen of de kwaliteit te verbeteren. De typische Lean-aanpak gaat over het identificeren en elimineren van zogenaamde verspillingen. Er kunnen verschillende roadmaps worden toegepast voor een verbeterproject zoals de PDCA-roadmap, de Value Stream Map of de DMAIC-roadmap. Hoofdstuk [4] gaat over het creëren van een solide basis om later de stap naar Lean te kunnen zetten. Technieken als 5S, standaardisatie en implementatie van een kwaliteitsmanagementsysteem staan op dit niveau centraal. Hoofdstuk [5] gaat over het creëren van een continue verbetercultuur en infrastructuur. Visueel management, dagelijkse stand-up meetings en het uitvoeren van vele kleine verbeterprojecten, Kaizen events, is de aanpak die in deze fase wordt gevolgd. Hoofdstuk [6] gaat over het creëren van stabiele en voorspelbare processen door de waardeestroom in kaart te brengen, verspillingen te reduceren en door de concepten Flow en Pull te implementeren. Aan het begin van dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van aanbevolen Lean-technieken die kunnen worden gebruikt binnen een Lean DMAIC-aanpak. Dit overzicht is een goed startpunt om je te helpen. Maar onthoud dat elk verbeterproject anders zal zijn en het selecteren van de juiste tools voor een bepaald probleem, in een bepaalde fase, iets is dat je uit ervaring leert.

Typische doelstellingen van een Six Sigma-project zijn het verbeteren van de 'Capability' (Cpk) van het proces of product. Bij dit soort projecten ligt de focus op het reduceren van variatie. Six Sigma-projecten zijn sterk datagedreven. Dit vereist aanvullende, vaak statistische, technieken. Doorgaans worden deze technieken toegepast door Green of Black Belts. Om een daadkrachtig Six Sigma team te formeren, wordt aanbevolen dat teamleden opgeleid zijn op Yellow of Orange Belt niveau. Yellow en Orange Belts kennen de Six Sigma aanpak, de terminologie en hebben basiskennis van de toegepaste Six Sigma technieken. Deze technieken worden in hoofdstuk [7] besproken, zodat je na het bestuderen van dit boek een volwaardig teamlid in een Green of Black Belt Six Sigma project bent.

De structuur van dit boek is gebaseerd op het 'Continuous Improvement Maturity Model' (CIMM). Het CIMM-raamwerk verbindt verschillende verbetermethodes zoals Agile, Kaizen, Lean en Six Sigma en benoemt de meest toegepaste technieken op het gebied van procesverbetering en kwaliteitsmanagement. Het raamwerk verbindt ook de zogenaamde harde en zachte componenten van het transitie- of transformatieproces waar organisaties mee te maken krijgen als ze continu verbeteren steviger willen doorvoeren. Het CIMM raamwerk wordt behandeld in paragraaf 1.1.3.

Dit boek volgt qua opbouw de LSSA syllabus voor Lean Six Sigma Orange Belt [19.]. Alle technieken die in deze syllabus worden benoemd, worden in dit boek behandeld. Het wordt geadviseerd om ook gebruik te maken van het bijbehorende oefenboek. Diegenen die hun certificering willen behalen wordt geadviseerd om de informatie in Bijlage A te lezen. Diegenen die Lean of Six Sigma willen toepassen op een Yellow, Green of Black Belt niveau wordt geadviseerd om één van de andere boeken van de reeks 'De Beklimming' of 'Climbing the Mountain' te lezen en gebruik te maken van het bijbehorende oefenboek.



## Voorwoord

Hoe zou het zijn om te werken in een organisatie waar alles voorspelbaar en op rolletjes verloopt? Hoe zou het zijn als je als kwaliteitsmedewerker of proceseigenaar niet meer te maken hebt met fouten of incidenten? Hoe zou het zijn voor een manager als de strategie duidelijk is, iedereen weet wat zijn of haar bijdrage hierin is en er tijd genoeg is voor alle interne projecten? Helaas is de realiteit bij veel organisaties heel anders. Ook al zien organisaties er van de buitenkant vaak mooi uit, er valt nog veel te verbeteren en processen zijn nog lang niet zo stabiel en voorspelbaar als ze graag zouden willen.

Veel organisaties maken momenteel gebruik van Lean Six Sigma als een holistische benadering voor het verbeteren van processen. Deze aanpak wordt aangevuld met principes en technieken van andere verbetermethodieken zoals 'Kaizen', 'Total Productive Maintenance' (TPM), 'Theory of Constraints' (TOC) of Agile. Juist de combinatie van de verschillende methodieken helpt organisaties.

Het is belangrijk om je te realiseren dat het toepassen van verbeter technieken slechts één kant van het verhaal is. Wat minstens zo belangrijk is, is het creëren van een continue verbetercultuur. Hierin komen zaken aan de orde als visie, strategie, organisatiestructuur, verandermanagement en teamontwikkeling. Dit wordt ook wel de 'zachte' kant van procesverbetering genoemd, maar in de praktijk blijkt dit maar al te vaak het moeilijkste aspect te zijn. Het is namelijk nodig om mensen in te laten zien dat ze op een andere manier beter kunnen werken. Het veranderen van medewerkers is echter niet makkelijk. Mensen laten zich niet veranderen, ze kunnen alleen zichzelf veranderen. Om dit voor elkaar te krijgen moeten ze eerst het voordeel van de verandering inzien. Dit vereist leiderschap, het begrijpen van weerstand en heldere communicatie. Alles bij elkaar is het verbeteren van een organisatie veelomvattend. Ik hoop dat dit boek als een leidraad zal fungeren bij het selecteren van de juiste verbeterprojecten en bij het succesvol uitvoeren van deze projecten.

Ik wil een ieder bedanken die geholpen heeft bij het reviewen van dit boek. In totaal hebben zo'n 25 experts uit diverse bedrijven en organisaties een waardevolle bijdrage geleverd. Verder wil ik de mensen bedanken die een bijdrage geleverd hebben aan het ontwikkelen van het 'Continuous Improvement Maturity Model' dat al veel organisaties geholpen heeft bij het bepalen van hun verbeterstrategie. Dit model is de basis geweest voor dit boek.

H.C. Theisens  
Master Black Belt Symbol B.V.

***“Het lijkt altijd onmogelijk, totdat het gedaan is”***

**— Nelson Mandela —**

## 1 World Class

World Class Performance is het hoogste niveau dat een organisatie kan bereiken binnen een bepaalde sector door het ontwikkelen van nieuwe producten en diensten die verwachtingen van klanten overtreffen. Om het niveau van World Class te bereiken, moeten bedrijven en organisaties producten en diensten ontwikkelen die de beste zijn in de wereld. Het productie- en voortbrengingsproces moeten opereren op het niveau van Operationele Excellence en de organisatie moet continu haar processen verbeteren. De organisatie moet flexibel zijn en in staat zijn om steeds weer met innovatieve producten en diensten te komen.

Het niveau van World Class is niet iets wat binnen een paar maanden tijd kan worden gerealiseerd. Er is geen gebaand pad naar succes. Het bereiken van het niveau van World Class is een lange en lastige weg met successen en tegenslagen. Er zullen veel obstakels zijn op de bochtige weg naar de top. De kans is erg klein dat iedereen die deze reis aanvangt ook daadwerkelijk de top zal bereiken. Sommigen zullen vertraging oplopen, anderen zullen afvallen. Hoewel het geen fijn vooruitzicht is, is dit de enige keuze om concurrerend te blijven, nu en in de toekomst, aangezien concurrenten ook werken aan continue verbetering.

## 1.1 Continu verbeteren

*"Het lukt ons niet om op tijd te leveren; We hebben veel last van fouten en interne afkeur; De betrokkenheid van medewerkers bij continue verbetering is niet op niveau; We hebben veel last van verstoringen in onze supply chain; De eisen van onze klanten worden steeds complexer; We hebben onvoldoende controle over het onderhandenwerk; We willen onze leveranciers graag betrekken bij ons continue verbeterproces."*

Misschien herken je enkele van de bovengenoemde problemen binnen jouw organisatie of spelen er misschien andere problemen. Elke organisatie staat voor de uitdaging om producten en diensten met maximale waarde voor hun klanten te leveren, tegen de laagst mogelijke kosten en met een korte levertijd. Om dit te bereiken, moeten organisaties voortdurend werken aan het verbeteren van hun processen en het ontwikkelen van de organisatie. Continu verbeteren gaat niet alleen over het verbeteren van de processen, maar ook over het ontwikkelen van de organisatie en de medewerkers. In deze paragraaf bespreken we de cultuur, waarden, principes en de rollen binnen een continue verbeterorganisatie.

### 1.1.1 Geschiedenis van continu verbeteren

In de afgelopen jaren zijn de Lean en Six Sigma filosofieën gefuseerd tot Lean Six Sigma als complete aanpak voor procesverbetering. Het is een combinatie van Lean Manufacturing en Six Sigma en maakt gebruik van een gecombineerde set van zowel Lean als Six Sigma technieken. Het omvat ook de best practices van andere verbetermethoden, zoals Total Quality Management, Total Productive Maintenance en Theory of Constraints. Lean Six Sigma bevat een gemeenschappelijk doel om doorlooptijd te verkorten, operationele kosten te reduceren en de kwaliteit te verbeteren. De combinatie van de synergieën van Lean en Six Sigma biedt bedrijven en organisaties een hogere leverbetrouwbaarheid, minder variatie en meer resultaat.

De oorsprong van het beheersen van kwaliteit gaat duizenden jaren terug. De bouw van de grote piramides van Cheops in 2560 voor Christus kon niet plaats hebben gevonden zonder Kwaliteitsmanagement. Zelfs vandaag is men nog steeds verbaasd over de manier waarop de 5,5 miljoen ton kalksteen, 8.000 ton graniet en 500.000 ton cement zijn gebruikt bij de bouw van de Grote Piramide (Romer, 2007). De nauwkeurigheid van de afwerking van de piramides is zodanig dat de vier zijden van de basis een gemiddelde afwijking van slechts 58 millimeter in lengte hebben (Cole, 1925). De basis is horizontaal en vlak tot op  $\pm 15$  mm (Lehner, 1997). De verhouding van de omtrek tot de hoogte is gelijk aan  $2\pi$  met een nauwkeurigheid die hoger is dan 0,05%. *"Hoewel de oude Egyptenaren de waarde van  $\pi$  niet precies konden definiëren, kunnen we concluderen dat ze deze in de praktijk wel degelijk hebben gebruikt"* (Verner, 2003).

## **De vier industriële revoluties**

In de afgelopen twee eeuwen is de ontwikkeling snel gegaan en worden vier industriële revoluties onderscheiden. De eerste industriële revolutie (1780-1850) wordt gekenmerkt door de stoommachine. In 1777 werd, in een mijngroeve in Cornwall, de eerste stoommachine van James Watt opgesteld. Met de komst van de stoommachine werd het mogelijk om arbeid geleverd door mensen, dieren of molens, te vervangen door een machine. Deze periode kenmerkt de overgang naar nieuwe productieprocessen.

De tweede industriële revolutie (1850-1970), ook wel bekend als de technologische revolutie, was een periode van de gehele industriële revolutie. Het bekendste voorbeeld van de tweede industriële revolutie is de productielijn van Ford. Henry Ford ontwierp zijn eerste lopende assemblageband in 1913 voor de T-Ford en ontketende hiermee een revolutie. Het was Henry Ford's doel om 'de wereld op wielen te zetten' en een betaalbare auto voor het grote publiek te produceren, met het meest eenvoudige ontwerp tegen de laagst mogelijke kosten. Deze assemblagelijne werd wereldwijd de maatstaf voor massaproductiemethodes. De introductie van de dieselmotor in 1894, als alternatief voor de stoommachine, leverde een belangrijke bijdrage in de verdere ontwikkeling van productielijnen. De Eerste en Tweede Wereldoorlog hebben een grote invloed gehad op de ontwikkeling van massaproductie.

De derde industriële revolutie (1970-2010) werd gekenmerkt door de introductie van de computer in de jaren vijftig. Digitalisering maakte het mogelijk om data van analoge gegevensdragers naar digitale gegevensdragers over te zetten. Hierdoor kon informatie eenvoudig en overal ter wereld worden gedeeld en geraadpleegd. Mede hierdoor werd het voor bedrijven mogelijk te globaliseren. Productie en levering konden wereldwijd plaatsvinden, waardoor schaalvoordelen werden gerealiseerd. Voorbeelden van de derde industriële revolutie zijn het gebruik van 'Programmable Logic Controllers' (PLC's), 'Computer Aided Design & Manufacturing' (CAD/CAM), mechatronica en robotica. De eerste toepassingen van robotisering zijn gedaan in de automobielenindustrie, waar o.a. laswerkzaamheden en assemblagewerkzaamheden door robots werden verricht. In financiële en dienstverlenende processen heeft het gebruik van geavanceerde computersystemen en algoritmes een grote invloed gehad op de efficiëntie.

Momenteel staan we aan het begin van de vierde industriële revolutie (i4.0), in Nederland ook wel SMART Industry genoemd. Hierin spelen de digitale revolutie en de opkomst van internet een belangrijke rol. Dit wordt ook wel 'Internet of Things' (IoT) of 'Internet of Everything' (IoE) genoemd. Deze technologie introduceert een servicementaliteit in de industrie, zoals we dat in de afgelopen jaren al hebben meegemaakt door de opkomst van Smartphones en Apps. Daarnaast zullen machines, goederen en onderdelen onderling met elkaar gaan communiceren over planning, bewerkingen die moeten worden ondergaan en grondstoffen die nodig zijn. Technische disciplines zoals machinebouw, elektrotechniek en IT worden nog verder geïntegreerd. Industry 4.0 zal de wereld de komende decennia drastisch veranderen en zal nieuwe business modellen vereisen. Dit is een bedreiging voor diegenen die 'stil staan', terwijl het kansen biedt voor diegenen die in beweging komen.

## **De geschiedenis van kwaliteitsmanagement**

Het concept van kwaliteit zoals we dat tegenwoordig kennen is voor het eerst naar voren gekomen tijdens de tweede industriële revolutie. Daarvoor werden goederen van het begin tot het eind door dezelfde persoon of door een team van mensen vervaardigd, door middel van handwerk en het bewerken van het product totdat werd voldaan aan de kwaliteitscriteria. De massaproductie bracht grote teams van mensen samen om aan specifieke stadia van het product te werken. Niet een specifiek individu, maar het team werd daarmee verantwoordelijk voor het product, van begin tot eind. In de late 19<sup>de</sup> eeuw hebben pioniers zoals Frederick Winslow Taylor en Henry Ford de beperkingen onderkend van de methoden die werden gebruikt in de massaproductie en de wisselende kwaliteit van de output. Henry Ford (1863 – 1947) was de oprichter van Ford Motor Company en adopteerde de assemblagelijne en massaproductie. Velen beweren dat Lean is begonnen bij Henry Ford. Aanvankelijk was dit meer een Lean-initiatief dan een kwaliteitsinitiatief. Elke T-Ford werd geleverd in elke gewenste kleur, zolang het maar zwart was, en met een gereedschapskist in de kofferbak. Pas later werd door Ford meer focus gelegd op standaardisatie van het ontwerp en

componenten om een meer constante kwaliteit te garanderen. Om de eindkwaliteit van het product te garanderen werd gebruik gemaakt van inspectie aan het eind van de lijn.

Walter Andrew Shewhart (1891 – 1967) was een Amerikaans natuurkundige en bekend als de vader van de statistische kwaliteitscontrole. Hij heeft de grondslag gelegd voor de regelkaart en het omzetten van het productieproces naar een staat van statistische procesbeheersing. Hij is ook de bedenker van de 'Plan-Do-Check-Act' cirkel of PDCA-cirkel. De toepassing van statistische controle heeft zich verder ontwikkeld tijdens de Tweede Wereldoorlog, waar kwaliteit een cruciaal onderdeel van de oorlog werd. Sir Ronald Aylmer Fisher (1890 – 1962) was een Engelse statisticus. Volgens sommigen creëerde hij de basis voor de moderne statistische wetenschap.

Na de Tweede Wereldoorlog hebben de Japanners de zienswijzen van de Amerikanen Joseph M. Juran (1904 – 2008) en W. Edwards Deming (1900 – 1993) geïntroduceerd. Juran was een managementconsultant en ingenieur. Hij schreef een aantal invloedrijke boeken over kwaliteitsmanagement. Het bekendste werk van hem is de 'Juran Trilogy' die is samengesteld uit drie managementprocessen: kwaliteitsplanning, kwaliteitscontrole en kwaliteitsverbetering. Hij was één van de eersten die heeft geschreven over de 'Cost of Poor Quality' (COPQ). Hij is ook bekend om de 'Vital few versus Useful many' uitspraak, ook bekend als de Pareto grafiek of de '80/20-regel'. Deming was een statisticus naar wie de Deming Prijs voor de kwaliteit is vernoemd (1951). Deming riep de PDCA-cirkel uit tot de oplossing van de problemen van Shewhart. Er wordt beweerd dat Deming meer invloed op de Japanse productie en het bedrijfsleven heeft gehad dan elk ander individu met een Japanse achtergrond. Toen hij in 1993 overleed, begon hij net bekend te worden en erkenning te krijgen in de Verenigde Staten.

Kwaliteitsmanagement kwam pas veel later in de Verenigde Staten opzetten, als directe reactie op de kwaliteitsrevolutie in Japan. In de jaren '70 werden Amerikaanse industriële sectoren, zoals de auto- en elektronicasector, sterk beïnvloed door de concurrentie van Japan op het gebied van kwaliteit. De Amerikaanse reactie werd bekend als 'Total Quality Management' (TQM) en bestaat uit het continu verbeteren van de mogelijkheid om kwalitatief hoogwaardige producten en diensten te leveren aan klanten. TQM rust meestal zwaar op de eerder ontwikkelde technieken van de kwaliteitscontrole. TQM kreeg veel aandacht in de late jaren '80 en vroege jaren '90 alvorens te worden overschaduwd door ISO 9001, Lean Manufacturing en Six Sigma. Veel van de principes en technieken zijn echter nog steeds aanwezig in de huidige Kwaliteitsmanagement programma's.

### **De geschiedenis van Kaizen**

Masaaki Imai (geboren in 1930) was een Japanse organisatieadviseur, bekend om zijn werk op het gebied van kwaliteitsmanagement. Masaaki Imai schreef het baanbrekende boek 'Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success' (1986). Middels dit boek werd de term Kaizen geïntroduceerd in de westerse wereld. In hetzelfde jaar richtte hij de Kaizen Institute Consulting Group (KICG) op om westerse bedrijven te helpen bij het introduceren van de principes, aanpak en technieken van Kaizen.

*“Het maakt niet uit hoe langzaam je gaat, zolang je maar niet stopt.”*

*Confucius*

Het Japanse woord Kaizen betekent 'Verandering naar beter'. Een andere betekenis van Kaizen is 'Het uit elkaar halen en op een betere manier weer in elkaar zetten'. Tegenwoordig wordt Kaizen wereldwijd erkend als een belangrijke pijler van continue verbetering, met name kleine stapsgewijze verbeteringen op de werkvloer, ook wel de 'Gemba' genoemd.

### **De geschiedenis van Total Productive Maintenance (TPM)**

Binnen machine-intensieve bedrijven zoals voeding, pharma, chemie en automotive is 'Total Productive Maintenance' of 'Total Productive Management' (TPM) een veelgebruikte aanpak voor continue verbetering. De methode is gericht op het effectief en efficiënt gebruik van apparatuur door het vermijden van vertragingen en machine-gerelateerde verstoringen in het productieproces. Dit wordt bereikt door preventief onderhoud en het verhogen van efficiëntie en belading.

Preventief onderhoud is ontwikkeld door Amerikaanse fabrieken die tijdens de Tweede Wereldoorlog aan het leger leverden. Na de oorlog werd in Japan preventief onderhoud ingevoerd (1951). Nippon Denso (Toyota Group) was het eerste bedrijf dat preventief onderhoud invoerde (1960). Nippon-Denso ontving hiervoor als eerste bedrijf de prestigieuze prijs van het 'Japanese Institute of Plant Maintenance' (JIPM) voor het implementeren van TPM. In 1987 werd het eerste echte TPM-initiatief in de Verenigde Staten ontwikkeld door de Kodak-fabriek in Tennessee Eastman.

### **De geschiedenis van Lean**

Lean richt zich op stabiliteit, voorspelbaarheid en de eliminatie van verspilling, ook wel Waste of Muda genoemd. Lean Manufacturing begon met Henry Ford, die als eerste een heel productieproces daadwerkelijk integreerde. Hij deed dit door fabricagestappen in procesvolgorde te plaatsen met behulp van gestandaardiseerd werk en verwisselbare onderdelen. Ford noemde dit 'Flow' (1913). Het probleem met het Ford-systeem was het onvermogen om met variatie om te gaan. Het Ford T-model was beperkt tot slechts één configuratie en één kleur, zwart. Alle chassis van het T-model waren identiek tot het einde van de productie in 1926.

Tussen 1930 en 1950 hebben managers van Toyota, waaronder Kiichiro Toyoda en Taiichi Ohno, een aantal bezoeken gebracht aan de Ford-fabriek. Terwijl Ford op dat moment 8.000 voertuigen per dag produceerde, had Toyota slechts 2.500 auto's geproduceerd in 13 jaar. Toyota wilde de productie opschroeven, maar miste de financiële middelen die nodig waren om de benodigde voorraad en subassemblages op te bouwen, zoals die te vinden waren in de Ford-fabriek. Uit nood geboren ontwikkelden ze een reeks eenvoudige innovaties die het mogelijk maakten om zowel de continuïteit in de procesflow te behouden als een grote variatie van producten aan te bieden. Wat nog meer indruk maakte op Ohno dan het bezoek aan de Ford-fabriek, was het bezoek aan de supermarkt 'Piggly Wiggly'. Japan had op dat moment nog geen supermarkt waar klanten zelf hun producten konden pakken en waarbij de voorraad op de schappen frequent werden aangevuld vanuit het magazijn. Dit proces inspireerde Ohno om de productie in de Toyota fabriek op dezelfde manier in te richten en alleen te produceren waar het volgende proces behoefte aan had. Toyota ontwikkelde haar befaamde 'Toyota Productie Systeem' (TPS) om de problemen en hoge kosten van grote voorraden te voorkomen. Het TPS heeft enkele ideeën van Ford overgenomen, maar bevatte ook de filosofie van 'Just In Time' (JIT) en 'Pull', gebaseerd op het supermarktconcept van Piggly Wiggly.

In 2008 werd Toyota's werelds grootste autoproducent. In de afgelopen twee decennia heeft Toyota's voortdurende succes een enorme vraag naar meer kennis over Lean gecreëerd. Er zijn letterlijk honderden boeken, artikelen en andere bronnen beschikbaar over Lean Management. Lean is momenteel op grote schaal verspreid over de gehele wereld. Lean-principes en technieken worden gebruikt in productie, logistiek en distributie, dienstverlening, handel, gezondheidszorg, bouw, onderhoud en zelfs in de publieke sector, met als gemeenschappelijk doel de doorlooptijd te verkorten, de operationele kosten te verlagen en tegelijkertijd de kwaliteit te verbeteren.

## De geschiedenis van Six Sigma

Het was 1979 toen Motorola na een pijnlijk proces van zelfontdekking begon te beseffen in welke mate zij marktaandeel had verloren in veel belangrijke segmenten, zoals televisies, autoradio's en halfgeleiders. In datzelfde jaar, tijdens een vergadering, stelde de president en CEO van Motorola Bob Galvin de vraag: 'Wat is er mis met ons bedrijf?' Daarop begonnen veel managers de standaard, politiek correcte, excuses op te noemen. De schuld lag bij de Japanners, bij de economie over het algemeen en gebrek aan innovatie. Tijdens deze discussie klonk een stem luid en duidelijk van achteren uit de zaal: 'Ik zal u vertellen wat er mis is met dit bedrijf ... onze kwaliteit is belabberd!' Die stem was van Art Sundry, een sales manager voor Motorola's meest winstgevende business op dat moment. Iedereen dacht dat hij zou worden ontslagen voor zijn uitgesproken mening. Hoe kon iemand zo'n opmerking maken in zulke moeilijke en turbulente tijden? Zeker was dat Motorola altijd één van de beste fabrikanten ter wereld was geweest en dat nog steeds was, ongeacht de moeilijke situaties waarmee het werd geconfronteerd. Motorola bevond zich op een belangrijk keerpunt in haar geschiedenis. Het kon doorgaan in deze neerwaartse trend ten opzichte van concurrenten, of het kon deze trend met een ambitieuze cultuurverandering en kwaliteitsverbetering doorbreken. Dit was het moment dat Motorola begon aan een zoektocht naar manieren om de kwaliteit te verbeteren. Twee Motorola ingenieurs, Bill Smith en Mikel Harry, worden genoemd voor hun baanbrekend werk, gericht op het verbeteren van processen en het vinden en oplossingen voor problemen. Hun werk rondom het verbeteren van processen, kennis van toleranties en het vertalen van de zogenaamde 'Critical-to-Quality'-kenmerken in het ontwerpproces legden voor een groot deel de basis voor wat vandaag Six Sigma wordt genoemd.

Six Sigma richt zich in de basis op het reduceren van variatie in elk denkbare deel van het proces. Minder variatie leidt tot minder afkeur, een stabielere kwaliteit en lagere kosten. Deze aanpak kreeg de naam 'Six Sigma'. Het Six Sigma kwaliteitsprogramma van Motorola was zo radicaal dat managers werden gedwongen om anders te denken over het bedrijf. Het toepassen van deze concepten in de productie van elektronica van Motorola leverde binnen 4 jaar \$ 2.2 miljard op en binnen 15 jaar \$ 16 miljard. De CEO van Motorola, Bob Galvin, refereerde aan het werk van Bill Smith en Mikel Harry voor het behalen van deze resultaten.

Eén van de bedrijven die de Six Sigma filosofie omarmde was General Electric (GE). De voorzitter van GE, Jack Welch, werd verteld dat Six Sigma een grote positieve impact op de kwaliteit van GE zou kunnen hebben. Hoewel hij eerst sceptisch was, startte Welch met een grote campagne onder de naam 'The GE-Way'. Hij maakte een officiële aankondiging betreffende dit kwaliteitsinitiatief tijdens de jaarlijkse bijeenkomst van 500 topmanagers van GE in januari 1996. Welch beschreef het programma als 'De grootste kans voor groei, hogere winstgevendheid en individuele tevredenheid van de medewerkers in de geschiedenis van het bedrijf'. Zijn doel was om de kwaliteit naar een geheel nieuw niveau te brengen en een Six Sigma kwaliteitsbedrijf te worden door bijna defectvrije producten te produceren. Zijn bedoeling was om kwaliteit te laten doordringen in alle delen van het bedrijf, dus niet alleen in productie. Hij noemde Six Sigma later 'Het moeilijkste doel', maar zei ook dat dit 'Het belangrijkste initiatief was dat GE ooit had ondernomen'. General Electric bespaarde meer dan \$ 12 miljard door middel van Six Sigma in de eerste vijf jaar na de implementatie.



### 1.1.2 Waarden en principes van continu verbeteren

In het vorige hoofdstuk kon je al zien dat binnen het domein van continue verbetering de afgelopen decennia verschillende methodieken zijn geïntroduceerd. Elk van deze methodes bevat een bepaalde set tools en technieken, maar voordat we deze inhoudelijk gaan behandelen, zullen we eerst ingaan op de waarden en principes van deze methodes. Achtereenvolgens zullen we ingaan op de waarden en principes van Kaizen, Lean en Six Sigma. Ook zullen we ingaan op de principes van Agile, een methode die de laatste jaren erg in opkomst is. Tijdens de behandeling zul je zien dat er verschillen zijn, maar ook veel overeenkomsten. Voor elk van de verbetermethodes geldt namelijk dat ze klantwaarde als uitgangspunt nemen en ook dat ze de hele organisatie betrekken in het continue verbeterproces.

#### **Kaizen principes**

Kaizen gaat over teamwork. Deelname is vrijwillig, maar niet zonder commitment. Het is een bottom-up benadering en moedigt iedere medewerker aan om een bijdrage te leveren. Als zodanig is Kaizen een benadering die vaak wordt gekoppeld aan het begrip continu verbeteren. Kaizen-projecten worden daar uitgevoerd waar het gebeurt: de 'Gemba'. Als zich problemen voordoen, is het meer voor de hand liggend om 'naar de Gemba' te gaan dan om vanachter een bureau of in een vergaderruimte op zoek te gaan naar de oplossing. Het probleem ligt namelijk op de werkvloer. Problemen op de werkvloer worden het meest gevoeld door medewerkers op de werkvloer en veel minder door de medewerkers op het kantoor. Medewerkers op de werkvloer hebben vaak hele goede ideeën voor het oplossen van het probleem, omdat ze er dagelijks mee worden geconfronteerd. Het enige punt is dat managers vaak vergeten hen te betrekken bij het bedenken van ideeën. Kaizen is daarom ook 'Empowerment', waarbij de medewerkers op de werkvloer een bepaalde vrijheid hebben om problemen zelfstandig op te lossen.

Kaizen-principe	Omschrijving
Teamwork	Zorg voor betrokkenheid van iedereen
Persoonlijke Discipline	Volg de standaarden
Beter moreel	Zorg voor goede werksfeer
Kwaliteitscirkels	Volg de PDCA-verbetercyclus
Suggesties voor verbeteringen	Sta open voor ideeën en suggesties

Tabel 1 – Kaizen principes

## Lean principes

Womack, Jones en Roos publiceerden twee succesvolle boeken getiteld 'The machine that changed the World' (1990) en 'Lean Thinking' (1996) [21.]. Beide boeken gaan over de revolutie in de industrie en beschrijven uitvoerig het 'Toyota Productie Systeem'. Ze vergelijken deze manier van werken met de traditionele massaproductie zoals die wordt toegepast door andere bedrijven in de westerse wereld. Zij beschrijven de volgende vijf principes in hun boek 'Lean Thinking', gebaseerd op hetgeen ze geobserveerd hebben bij Toyota:

Lean-principes	Omschrijving
Waarde	Definieer wat de waarde is voor de klant
Waardestroom	Benoem de waardestroom; Elimineer verspilling
Flow	Creëer een constante flow
Pull	Produceer alleen op basis van vraag
Perfectie	Continue verbetering

Tabel 2 – Lean principes

We zullen nu elk van deze vijf principes kort beschrijven. In hoofdstuk 6 zullen we ze in meer detail behandelen, met de bijbehorende technieken die toegepast kunnen worden om doorlooptijden te verkorten en kwaliteit te verbeteren.

### 1 – Waarde

Het eerste principe gaat over het bepalen wie de klant is om te bepalen wie de klant is en over de betekenis van waarde voor de klant. Lean neemt namelijk de klant als uitgangspunt, want uiteindelijk zijn tevreden klanten de reden voor het bestaan van jouw organisatie en baan. Maar wie is je klant? Soms is de klant eenvoudig aan te wijzen, maar soms is het minder voor de hand liggend. Nadat bekend is wie de klant is, is het ook belangrijk om na te gaan wat de betekenis is van klantwaarde. Dit wordt ook wel de 'Voice of the Customer' genoemd.

### 2 – Waardestroom

De waardestroom is het operationele proces of alle aaneengeschakelde activiteiten die uiteindelijk leiden tot het product of dienst zoals geleverd aan de klant. Maar niet elke activiteit kan worden geclassificeerd als waardetoevoegend. Een activiteit met toegevoegde waarde moet aan de volgende eisen voldoen: de klant is bereid ervoor te betalen; het moet de eerste keer correct worden uitgevoerd en de activiteit moet het product of dienst op een bepaalde manier veranderen. Als aan één van deze criteria niet wordt voldaan, wordt de activiteit geclassificeerd als een niet-waardetoevoegende activiteit of Waste. Eén van de belangrijkste doelstellingen van Lean is het identificeren en elimineren van Waste.

### 3 – Flow

Lean is erop gericht om de juiste dingen op het juiste moment op de juiste plaats in de juiste hoeveelheid te leveren, waarmee een perfecte Flow wordt bereikt. Een eenvoudige manier om Flow te observeren is door een kijkje te nemen op de werkvloer. Aan de ene kant zie je opdrachten de werkvloer op komen (bijvoorbeeld onderdelen, componenten, zieke patiënten, klanten, bakken, vrachtwagens, aanvragen, enz.). Aan de andere kant zie je producten of diensten de werkvloer verlaten (bijvoorbeeld gereed product, gezonde patiënten, onderdelen, paspoorten, beschikkingen, enz.). Op de werkvloer zelf zijn medewerkers en machines bezig om waarde toe te voegen aan de producten of diensten. Hoe meer producten liggen te wachten, hoe minder Flow er aanwezig is. Als er geen sprake is van Flow, is er ook geen sprake van Lean.

#### 4 – Pull

Stel je voor wat er zou gebeuren als elke stap in het proces het aantal zou produceren of leveren waartoe het in staat is, zonder rekening te houden met wat er daadwerkelijk nodig is. Dit zou leiden tot een ware chaos met enorme stapels voorraden en werk in uitvoering dat ligt te wachten tussen de verschillende stappen in het proces. Om dit te voorkomen is het noodzakelijk om te werken volgens het 'Just In Time' principe. Dit betekent dat activiteiten alleen op het juiste moment en in de juiste omvang plaatsvinden. Dit kan worden bereikt door Pull toe te passen. Werken volgens Pull in plaats van Push voorkomt stapels werk en overproductie. Pull betekent dat de een bepaalde stap in het proces bepaalt wat moet worden geleverd door de voorgaande processtap. Dit begint bij de klant die als eerste aangeeft wat nodig is.

#### 5 – Perfectie

Lean richt zich op continue verbeteren van processen door de implementatie van vele kleine verbeterprojecten, ook wel Kaizen-events genoemd. Typisch voor dit type projecten is de eliminatie van verspilling en het verkorten van cyclustijden. Het doorlopend uitvoeren van Kaizen-projecten is een belangrijk onderdeel van het vijfde Lean-principe. Vele kleine verbeterstappen leiden namelijk uiteindelijk tot een grote verbetering.

Binnen Lean is het identificeren en elimineren van verspillingen één van de belangrijkste activiteiten. Verspillingen worden ook wel Waste of Muda genoemd. We onderscheiden acht vormen van verspilling, die zijn benoemd in onderstaande figuur. In hoofdstuk 6 zullen we uitgebreid ingaan op technieken om verspillingen te elimineren.

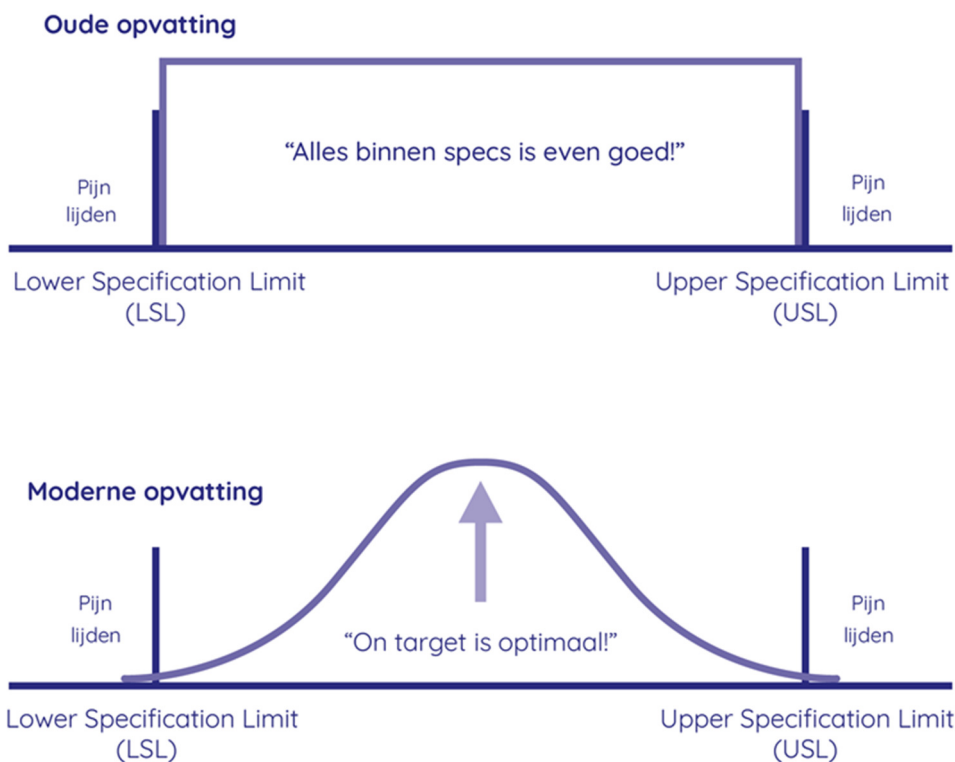
	<b>1. Overproductie</b>	Produceer meer dan klantvraag
	<b>2. Wachten</b>	Wachten en ongeplande stilstand
	<b>3. Transport</b>	Verplaatsen van materialen / producten
	<b>4. Overprocessing</b>	Onnodige bewerkingen
	<b>5. Voorraad</b>	Onnodige grondstoffen en (tussen)voorraad
	<b>6. Beweging</b>	Zoeken en onnodig lopen / verplaatsen
	<b>7. Fouten</b>	Fouten, afkeur, scrap of slechte kwaliteit
	<b>8. Onbenutte kennis</b>	Niet gebruiken van aanwezige kennis / kunde

Figuur 1 – Muda: acht vormen van verspilling

## Six Sigma principes

Six Sigma heeft als belangrijkste focus het reduceren van variatie om daarmee de kwaliteit van een product of proces te verbeteren. Overal om ons heen is variatie. Een bestuurder heeft variatie bij het inparkeren van zijn auto; de aankomsttijden van treinen hebben variatie; het menselijk ras vertoont variatie en producten die uit een proces komen, zijn nooit hetzelfde. Elk proces vertoont variatie. Hoe minder de variatie van een proces, hoe beter we de uitkomst kunnen voorspellen en hoe voorspelbaarder we een uitspraak kunnen doen over de kwaliteit van het product of proces. Daarom heeft Six Sigma een sterke focus op het reduceren van variatie. Als we onze beslissingen in een verbeterproject willen baseren op feiten, dan moeten we weten hoe we data kunnen analyseren en interpreteren.

Het verschil tussen de ouderwetse en de moderne zienswijze van variatie wordt weergegeven in Figuur 2. De oude zienswijze gaat uit van een goed- of foutbeoordeling van een product op basis van bepaalde afkeurgrenzen. Als een product binnen de specificatiegrenzen valt, wordt het product goedgekeurd, terwijl een product dat buiten de specificatiegrenzen valt, wordt afgekeurd. Een veel betere manier om de kwaliteit van een product te beoordelen is om te kijken naar de ligging van de meetwaarde ten opzichte van de specificatiegrenzen. Een product dat precies in het midden van de specificatie ligt, is namelijk beter dan een product dat dicht bij één van de specificatiegrenzen ligt. Daarbij is een proces dat weinig variatie vertoont beter dan een proces dat veel variatie vertoont.



Figuur 2 – Oude en moderne opvatting over kwaliteit