

WERKEN IN DE AUTOMOTIVE-INDUSTRIE

MINDSET, SKILL SET & TOOL SET

H. Broekman; D. Ekert; M.I. Kollenhof
A.E. Riel; H.C. Theisens; R. Winter

EERSTE DRUK

Lean Six Sigma Academy®
LSSA BV, 2017

Amstelveen

Titel: Werken in de Automotive-industrie
Mindset, Skill Set & Tool Set

Auteur: H. Broekman; D. Ekert; M.I. Kollenhof; A.E. Riel; H.C. Theisens; R. Winter

Illustraties: R. Verreijt

Uitgever: Lean Six Sigma Academy
LSSA BV, 2017
Amstelveen, Nederland

Contact: Neem contact met ons op of bezoek onze website voor meer informatie,
online sales en training materiaallicenties.

www.lssa.eu
info@lssa.eu

1^e editie, 2017
ISBN 978-94-92240-16-3
NUR 100

Gedrukt in Nederland



Mede gefinancierd door het
programma Erasmus+
van de Europese Unie

Het project "Automotive Engineer" is financieel ondersteund door de Europese Commissie in het Erasmus+ Lifelong Learning Programma onder project nummer 2014-1-NL01-KA200-001189. Dit boek en overige publicaties van dit project geven uitsluitend de zienswijze van de auteurs weer, de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gehouden voor enig gebruik van de informatie die hiermee beschikbaar wordt gesteld.

Inhoud

VOORWOORD – WERKEN IN DE AUTOMOTIVE-INDUSTRIE	5
OVER DE AUTEURS	6
1. INLEIDING	9
1.1 AUTOMOTIVE-INDUSTRIE	10
1.2 KENMERKEN VAN DE AUTOMOTIVE-INDUSTRIE.....	22
1.3 WET- EN REGELGEVING EN NORMEN	27
1.4 PROCESDENKEN.....	33
1.5 SAMENVATTING	38
2. PRODUCT- EN PROCESONTWIKKELING.....	39
2.1 PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT.....	40
2.2 ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING.....	50
2.3 SYSTEMS ENGINEERING	61
2.4 RISICOMANAGEMENT	83
2.5 SAMENVATTING	97
3. PRODUCTIE	99
3.1 PROCESS CAPABILITY	100
3.2 PROCESBEHEERSING	106
3.3 SUPPLIER QUALITY ASSURANCE	117
3.4 WIJZIGINGSBEHEER.....	129
3.5 SAMENVATTING	133
4. CONTINU VERBETEREN	135
4.1 PROBLEEMOPLOSSING	136
4.2 LEAN MANUFACTURING.....	151
4.3 KWALITEITSBEWUSTZIJN.....	161
4.4 BORGEN VAN VERBETERINGEN.....	170
4.5 SAMENVATTING	179
BIJLAGE A – AFKORTINGEN	180
BIJLAGE B – FIGUREN & TABELLEN	182
BIJLAGE C – REFERENTIES	184
INDEX.....	188

Voorwoord – Werken in de Automotive-industrie

De automotive-industrie is een sector die op wereldwijde schaal in verschillend tempo groeit. Terwijl de markt in Europa stagneert, groeit die in de BRICS landen (Brazilië, Rusland, India, China en Zuid Afrika) bijna explosief en wordt een enorm economisch potentieel ontsloten. Het is echter belangrijk om de verschillen in cultuur, infrastructuur, wetgeving, economie en omgeving in het oog te houden. Internationale voertuigfabrikanten zoals Renault, Toyota, BMW of Volkswagen moeten zich bewust zijn van deze verschillen wanneer ze een fabriek of dealernetwerk opzetten of bij het ontwikkelen van een nieuw model in een nieuwe lokale markt. De automotive-industrie verandert sneller dan ooit.

Het eerste bedrijf dat zich toelegde op de productie van voertuigen was het Franse bedrijf Panhard et Levassor, in 1889. Peugeot volgde twee jaar later. Sindsdien zijn voertuigen significant veranderd. Dit is het resultaat van steeds striktere wetgeving en regulering en ook van veranderende markteisen. Veiligheid staat voorop. In het verleden werd een auto geleverd met een gereedschapskist, om te gebruiken in geval van autopech. Tegenwoordig moet elke auto die voor de markt wordt vrijgegeven goed ontwikkeld en grondig getest zijn. Zowel aan het ontwikkelproces als aan de productieprocessen worden zware eisen gesteld. Hiervoor zijn in de afgelopen decennia verschillende procedures, methoden en technieken ontwikkeld die verder gaan dan menig procedure in andere sectoren.

We staan momenteel aan het begin van een geheel nieuw tijdperk. In de komende jaren zal de elektrische auto, het gebruik van alternatieve brandstoffen en de zelfrijdende auto een enorme impact gaan hebben op de gehele automotive-industrie. Denk je eens in wat de impact zal zijn van de elektrische auto op producenten van accu's en motoren, maar ook op producten van uitlaten en brandstoftanks. Daarnaast zal deze nieuwe generatie auto's ook een enorme invloed hebben op de infrastructuur. Denk bijvoorbeeld aan al de nodige laadstations op parkeerplaatsen, bij bedrijven, huizen, etc. Bovendien, hoe zal een zelfrijdende auto kunnen weten waar hij is en hoe zal hij de positie en het gedrag van andere weggebruikers kunnen weten? Auto's zijn nu al rijdende computers en de hoeveelheid software in een auto's zal alleen maar toenemen.

Je kunt je voorstellen dat de ontwikkelprocedures en regelgeving enerzijds en de technologische ontwikkelingen anderzijds flinke eisen stellen aan de kennis en kunde van engineers en monteurs die in de automotive-industrie werkzaam zijn. Dit maakt het tegelijkertijd ook een hele interessante markt om werkzaam te zijn. Opleidingsinstituten en trainingsorganisaties die studenten en medewerkers in de automotive-industrie opleiden zullen doorlopend moeten anticiperen op deze ontwikkelingen.

Wees iemand die de industrie innoveert door het verleden te kennen en de toekomst te veranderen.

Over de Auteurs

Henk Broekman

Henk Broekman is sinds 1995 werkzaam in de automotive-industrie en is managing consultant bij Symbol B.V. Hij is nu 10 jaar actief als trainer en consultant en gespecialiseerd in productiebedrijven (OEM en Tier 1, 2 en 3) die leveren aan de automotive-industrie. Hij helpt productiebedrijven met het opzetten en optimaliseren van bedrijfsprocessen. Zijn doel is het verhogen van de kwaliteit tegen de laagst mogelijke kosten door het beheersen van processen binnen een organisatie. Henk is tevens gastdocent aan Hogeschool Windesheim en IATF 16949 1st/2nd party auditor.

Damjan Ekert

Damjan Ekert studeerde telematica aan de University of Technology in Graz (Oostenrijk). Sinds 2001 is hij werkzaam bij ISCN als software-projectmanager, ISO 15504 en automotive SPICE consultant en software integrator. Hij is een gecertificeerde e-Security manager, Lean Six Sigma Yellow Belt, trainer voor de ECQA en gecertificeerd Europees projectmanager. Damjan Ekert heeft al vele jaren ervaring als consultant, auditor en trainer op het gebied van systeem en software procesverbetering en is voornamelijk werkzaam voor grote multinationals binnen de automotive-industrie. Tevens is hij een gecertificeerde Automotive SPICE competentie auditor, lid van het Duits-Oostenrijkse samenwerkingsverband SOQRATES, lid van de Europese Certificering en Kwalificatie Associatie en lid van het EuroSPI Industrial Programme comité.

Monique Kollenhof

Monique Kollenhof MSc/MA heeft Educational Science & Technology gestudeerd aan de Universiteit van Twente in Enschede en is gespecialiseerd in "Onderzoeksmethoden, Metingen & Data Analyse" ("Research Methodology, Measurement & Data analysis") en "Curriculair Design & Educatieve Innovatie" (Curriculum Design & Educational Innovation). Ze is één van de Lean Six Sigma Black Belt consultants van Symbol. Symbol zorgt voor een sterkere concurrentiepositie en efficiëntieverhoging binnen organisaties door het leveren van consultancy en trainingen rond bedrijfs- en procesverbetering, kwaliteitsmanagement en verandermanagement. Symbol is werkzaam voor zowel de industriële als dienstverlenende sector. Monique begeleidt tevens de Master Black Belts bij het vormgeven van trainingen en het verzorgen ervan en is ze projectmanager voor internationale innovatieve projecten zoals bijvoorbeeld het Automotive Engineer project. Ze heeft meer dan 20 jaar ervaring in het aansturen van complexe internationale en multidisciplinaire EU-projecten waaronder Lean Six Sigma voor de zorg, verscheidene automotive projecten en Lean productontwikkeling met een focus op innovatie en training.

Andreas Riel

Dr. Andreas Riel studeerde aan de University of Technology in Graz, Oostenrijk. Andreas is innovatie manager bij EMIRAcle. Tevens is hij onderzoeker en docent aan de Grenoble Alpes University, beiden gelegen in Grenoble, Frankrijk. Hij is tevens consultant, coach en trainer binnen de industrie met een sterke focus op automotive, waarin hij al meer dan 15 jaar praktijkervaring heeft. Zijn vakgebied omvat verscheidene zaken als innovatie en creativiteit, technologie planning, integrated systems engineering methods, processen en organisaties als ook quality engineering en beoordeling.

Andreas Riel is een ervaren docent aan de Grenoble INP en EMIRAcle. Voor beide organisaties is hij de projectmanager geweest voor talloze educatieve (ontwikkelings)projecten. Andreas Riel is gespecialiseerd in Automotive Engineering en productieprocessen; Virtuele Automotive productontwikkeling (model gedreven en gebaseerd op simulaties); Integrated Automotive Systems Engineering; Functional Safety in automotive volgens ISO 26262; Automotive Mechatronics Process Quality volgens de Automotive SPICE en Innovatie management in de Automotive. Andreas Riel is tevens consultant in de hierboven genoemde kennis- en vakgebieden.

Dick Theisens

Ir. Dick Theisens is afgestudeerd aan de Universiteit Twente (Enschede, Nederland) in 1994. Theisens heeft zijn ervaring op het gebied van procesverbetering als consultant in de automobieliindustrie en hightech industrie ontwikkeld. In verschillende fabrieken in Europa en Maleisië heeft hij ongeveer 50 Lean en Six Sigma projecten uitgevoerd en begeleid. Bij de ontwikkelafdeling in de Automotive heeft hij Design for Six Sigma geïntroduceerd. Momenteel is Theisens Managing Director en Master Black Belt bij Symbol B.V., een advies- en trainingsbureau in Nederland dat gespecialiseerd is in 'Business Improvement'. Theisens is ook medeoprichter van de LSSA - Lean Six Sigma Academy[®], dat verantwoordelijk is voor de wereldwijde uitrol van Lean Six Sigma certificering in samenwerking met de APMG (APM Group Limited), iSQI (International Software Quality Institute) en ECQA (European Certification and Qualification Association) en de Universiteit van Twente.

Richard Winter

Richard Winter is Lean Six Sigma Black Belt, trainer en consultant bij Symbol B.V. Hij is gespecialiseerd in Lean Six Sigma en Automotive Quality Management en heeft ruim 15 jaar ervaring in het verzorgen van trainingen, consultancy en coaching in Automotive Quality Management en (het implementeren van) geavanceerde Automotive Quality tools en technieken (IATF 16949, APQP/PPAP, FMEA, SPC, MSA, VDA 6.3, 8D). Hij is tevens werkzaam geweest als interim kwaliteitsmanager, Supplier Quality Engineer en Customer Quality Engineer voor verscheidene automotive bedrijven zoals Power-Packer, Voestalpine, Mitsubishi Turbocharger Europa en WABCO Vehicle Control Systems. Daarnaast is hij ook trainer voor brancheorganisatie AutomotiveNL en gastdocent aan de hogeschool Windesheim. Richard is tevens IATF 16949 1st/2nd party auditor.

1. Inleiding

Stel, u volgt momenteel een opleiding automobieltechniek en u wilt weten welke banen er in het verschiet liggen. Of u werkt reeds in de automotive-industrie en bent op zoek naar een andere baan. In beide gevallen is het goed om te weten dat de banen in de automotive enorm gevarieerd zijn, zowel bij de automobielontwikkelaars zelf, bij de vele toeleveranciers van onderdelen, de autohandel en het onderhoud. Maar het is ook goed om te weten dat er veel vraag is naar mensen met kennis van de automotive in andere sectoren zoals de hightech.

Wat betekent precies de automotive-industrie en hoe heeft deze zich ontwikkeld in de afgelopen decennia? Kan ik elk voertuig dat ik wil ontwikkelen bouwen en ermee wegrijden? Zijn er regels waar ik me aan zou moeten houden bij de ontwikkeling en bouw van een voertuig? Zijn de regels gelijk over de hele wereld of verschillen ze per land? Welke rol spelen eindgebruikers in de ontwikkeling van een voertuig? Hoe zit het met moderne technologie? Misschien wilt u geen voertuig ontwikkelen, maar bent u geïnteresseerd in het productieproces. Weet u hoe het automotive proceslandschap er uitziet? Zoveel vragen en zo weinig tijd om te studeren.

Dit hoofdstuk geeft u een goed overzicht van de geschiedenis van de automobiellndustrie en enkele van de innovaties uit het verleden, omdat het kennen van het verleden essentieel is om de toekomst te veranderen! Innovatie is niet altijd disruptive; soms kunnen innovatieve ideeën uit het verleden op het juiste moment worden verbeterd om zinvol te worden in de toekomst. U moet zich hiervoor bewust zijn van het verleden en haar regelgeving en misschien zelfs regels die in de toekomst worden geïntroduceerd kunnen veranderen. Bijvoorbeeld, zou ik de verbrandingsmotor heruitvinden, wetende dat fossiele brandstoffen vervuilend en eindig zijn? Daarnaast moeten automotive engineers zich vandaag bewust zijn van een aantal normen, niet alleen van de geldende normen in hun eigen land maar ook van de normen in landen waaraan de auto zal worden verkocht. Bij het ontwerpen van een auto moet u de behoefte van de klanten begrijpen alsmede hun cultuur, omdat zelfs de technisch beste auto niet verkocht zal worden als hij niet aan de behoeften en cultuur van de klant voldoet. Kwaliteitsstandaarden en wetgeving zijn additionele onderwerpen waar u zich van bewust moet zijn. Wettelijke regels kunnen dure gevolgen hebben, wanneer ze worden genegeerd of foutief worden geïmplementeerd.

Het is altijd goed om naar andere industrieën en sectoren te kijken omdat het belangrijk is te weten wat diegenen die voor u werken, of waar u afhankelijk van bent, drijft en beïnvloedt. Zal de schaarste van fossiele brandstof de productie van uw auto beïnvloeden? Natuurlijk! Zal een tekort aan katoen of rubber de productie of uw auto beïnvloeden? Misschien, afhankelijk van de hoeveelheid materiaal dat u nodig hebt en of u weet of er een alternatieve manier is of een vervangend product voorhanden is.

Dit hoofdstuk gaat over de antwoorden op de hiervoor gestelde vragen en nog veel meer.

1.1 Automotive-industrie

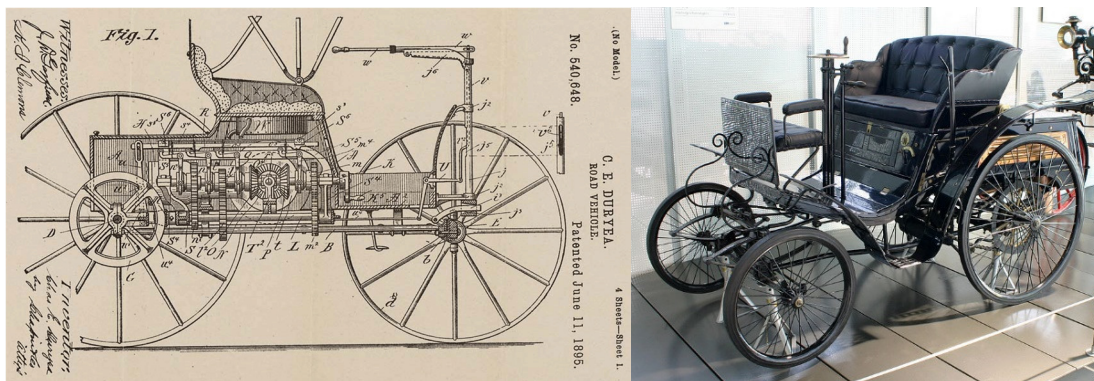
Leerdoelen

1. De belangrijkste momenten van de automotive geschiedenis kennen.
2. De belangrijke ontwikkelingen binnen de automotive-industrie kennen.
3. De meest bekende definities, termen en afkortingen kennen.
4. De automotive supply chain en de belangrijke spelers daarin begrijpen.
5. Begrijpen wat de grootste uitdagingen voor de automotive-industrie zijn.
6. De verschillen begrijpen met andere sectoren zoals productie, medisch, ruimtevaart, etc.
7. Kunnen beschrijven hoe de toekomst van de automotive-industrie er uit zou kunnen zien.

1.1.1 Geschiedenis en evolutie

De geschiedenis van de automobiel en automotive-industrie begon lang geleden. Veel mensen en bedrijven hebben bijgedragen aan de totstandkoming van de auto van vandaag en nog meer mensen zijn betrokken bij de ontwikkeling van de auto van morgen.

Voordat de automobiel bestond verplaatsten mensen zich met paard en wagen. Het eerste vehikel dat was uitgerust met een motor werd aan het einde van de 18^e eeuw ontwikkeld door de Franse officier Nicolas-Joseph Cugnot. In de tweede helft van de 19^e eeuw werden de eerste voertuigen met benzinemotor gebouwd, door meerdere onafhankelijk van elkaar werkende uitvinders tegelijk. In 1885 patenteerde Gottlieb Daimler de eerste succesvolle hoge snelheid interne verbrandingsmotor. In 1889 was het Franse bedrijf Panhard et Levassor de eerste die zich exclusief concentreerde op de productie van voertuigen. De Benz Velo en de Duryea Motor Wagon worden gezien als de eerste gestandaardiseerde auto's.



Figuur 1 – Eerste gestandaardiseerde auto's: Duryea Motor Wagon en Benz Velo (bron: Wikipedia)

Hiermee was de automotive-industrie geboren. In enkele jaren ontstonden honderden producenten. Ze bouwden stoomvoertuigen, elektrische voertuigen en brandstof voertuigen. Stoom en elektriciteit waren in eerste instantie de meest toegepaste krachtbronnen voor voertuigen. Later wedijverden de stoommotoren met de verbrandingsmotor. Rond 1910 waren de meeste voertuigproducenten overgegaan op benzine en verdween de interesse in stoomtechnologie.

Als gevolg van het grote aantal producenten in de markt ging de ontwikkeling van voertuigen in die dagen erg snel. Alle experimenten met verschillende voertuigontwerpen resulteerden in een standaard ontwerp. Deze standaard werd ontwikkeld door Panhard en als eerste gebruikt voor een Panhard automobiel in 1895. Dit ontwerp dat bekend staat als 'Système Panhard' werd snel wereldwijd in licentie gegeven en werd de

standaard auto. Nieuw aan de standaard auto was de verbrandingsmotor aan de voorkant en de aandrijving op de achterwielen. Andere belangrijke innovaties in dat tijdperk waren de ontsteking en elektrische start.

Eén van de meest bekende klassieke modellen is waarschijnlijk wel de T-Ford. In 1913 verkocht Ford Motor Company 189.088 stuks van zijn Model T. Dit was het eerste jaar in de geschiedenis dat er meer voertuigen dan koetsen werden gebouwd.



Figuur 2 – Eerste auto in massaproductie: Ford Model T

Na de 1^e wereldoorlog herstelde de Europese automobiellindustrie zich snel. De vraag naar voertuigen was groot. De productie van bepaalde componenten werd meer en meer uitbesteed aan gespecialiseerde leveranciers. Het voertuig werd veel praktischer en comfortabeler. Verwarming werd standaard, de radio werd geïntroduceerd en tevens werd antivries geïntroduceerd, waardoor watergekoelde motoren gedurende het hele jaar gebruikt konden worden. Eén pedaal voor de remmen op alle vier de wielen werd geïntroduceerd evenals stuurbeheersing.

In de eerste helft van de 40^{er} jaren had de ontwikkeling van voertuigen in Europa en Amerika stilgelegen vanwege de Tweede Wereldoorlog. De naoorlogse periode begon in 1949. Gedurende deze periode werd het assembleren aan de lopende band algemeen toegepast. Nieuwe technologische ontwikkelingen volgden elkaar in rap tempo op. Belangrijke ontwikkelingen na de oorlog waren het brandstofinjectionssysteem, dat sinds het eind van de jaren '50 in luxe personenwagens werd gebouwd en het gebruik van onafhankelijke wielophangingen.

Voor de 2^e Wereldoorlog was er geen aandacht voor veiligheid. Voertuigen moesten betrouwbaar en robuust zijn. Het kon voorkomen dat een auto na een aanrijding alleen lakschade had, maar dat de inzittenden omgekomen waren. In de 60^{er} jaren, werd onder druk van een aantal activisten, waaronder de publicatie van 'Unsafe at Any Speed' (Ralph Nader), de eerste veiligheidswetgeving aangenomen. Belangrijke onderwerpen voor veiligheid waren de kreukelzone en de veiligheidsriem. Daarnaast waren de introductie van de airbag in 1973, het derde remlicht in 1974 en de ontwikkeling van de botsproeven belangrijke mijlpalen voor veiligheid in de automotive-industrie.

Na oliecrisis in 1973 werd het brandstofverbruik van de auto ineens belangrijk en de crisis resulteerde tevens in emissienormen. Japanse autofabrikanten begonnen wereldwijd een belangrijke rol te spelen terwijl de Amerikaanse automotive-industrie nog serieuze problemen had na de oliecrisis. Het

brandstofverbruik van een auto was een belangrijk verkoopargument geworden, maar de Amerikaanse industrie had hier geen aandacht voor. Daarom vestigden Japanse en Europese automotive bedrijven fabrieken zich in de VS. Rond het jaar 2000 was Japan wereldleider in de productie van voertuigen geworden.

In de vroege jaren '80 is 'Computer Aided Design' (CAD) software geïntroduceerd voor het ontwerpen en ontwikkelen van auto's en onderdelen in de automotive-industrie. CAD maakte veel efficiëntere voertuigmotoren mogelijk, wat zeer gewenst was na de oliecrisis. Motoren konden hetzelfde of zelfs een hoger vermogen leveren en tegelijk milieuvriendelijker zijn.

De jaren '90 werden gekenmerkt door de sterke globalisering van de nationale economieën. Automotive concerns richtten zich op joint ventures en vestigden nieuwe markten. Belangrijke ontwikkelingen in de Jaren '90 waren het navigatiesysteem, 'Electronic Stability Program' (ESP) en de hybride auto. De Toyota Prius was de eerste commerciële hybride auto in massaproductie. Deze hybride had een verbrandingsmotor en een elektrische motor en is daarmee milieuvriendelijker dan de meeste andere voertuigen [Zie sectie 1.1.6].

Software was niet alleen belangrijk in de ontwikkeling van het voertuig. Tegenwoordig bevat een auto een grote hoeveelheid software en elektronica. Tot voor kort bestond een voertuig voornamelijk uit mechanische onderdelen. Vandaag de dag besturen elektronica en software tot 70% van de functionaliteit van een moderne auto. In de nabije toekomst zal dit 90% of meer zijn [zie sectie 1.1.6]. Ook is het merendeel van de ontwikkelingen in het voertuig gericht op 'Advanced Driver Assistance Systems' (ADAS), wat voertuigen veiliger maakt en het rijcomfort verhoogd. Voorbeelden van ADAS zijn:

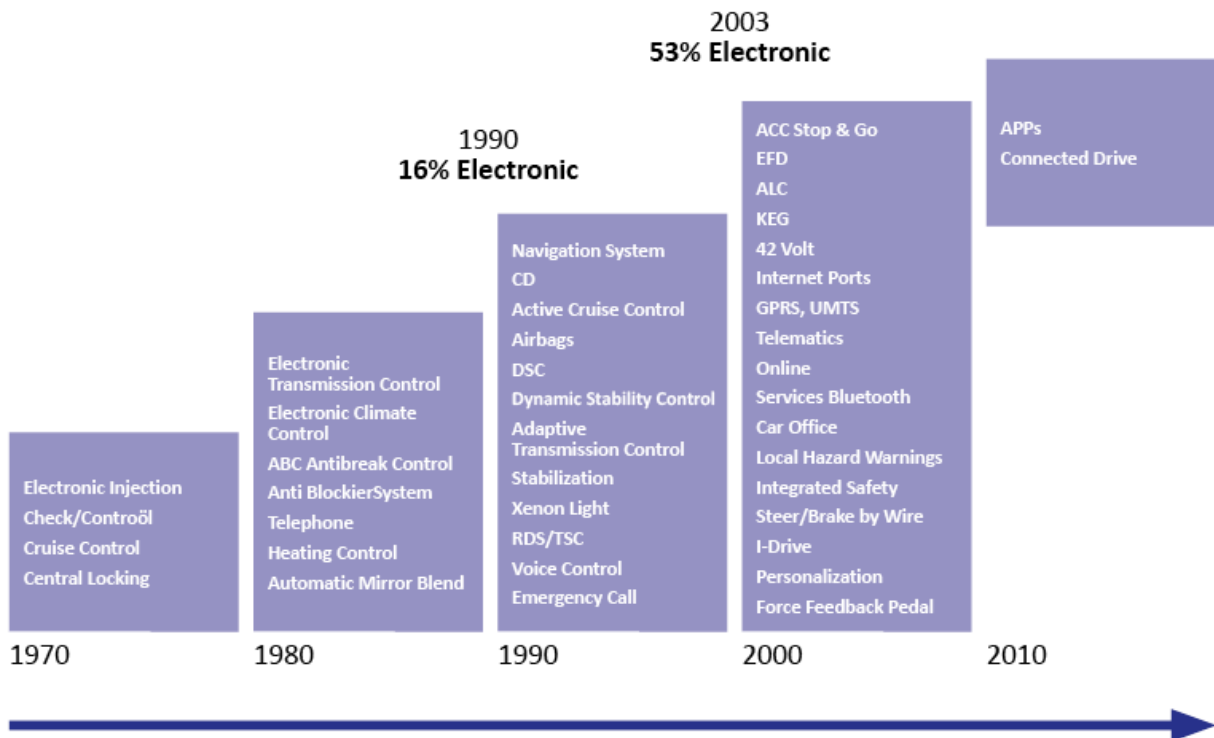
- Adaptieve cruise control: een systeem dat in staat is om de snelheid en afstand tot een ander voertuig te regelen.
- Automatische parkeerhulp: autonoom auto-manoeuvresysteem dat de auto van de rijbaan in een parkeerplek verplaatst.
- Lane departure warning system: systeem dat de bestuurder waarschuwt wanneer het voertuig van rijbaan wisselt (tenzij de richtingaanwijzer aanstaat in die richting).
- Traffic Sign Recognition: technologie waarmee het voertuig in staat is de verkeersborden langs de weg te herkennen.
- Driver Monitoring system: systeem om de alertheid van de bestuurder te monitoren. Wanneer de bestuurder niet op de weg let en een gevaarlijke situatie wordt gedetecteerd, zal het systeem de bestuurder waarschuwen door lichtflitsen en geluiden. Wanneer deze niet reageert, zal het voertuig de remmen activeren.

In de nabije toekomst zullen deze systemen steeds verder worden ontwikkeld, wat vervolgens zal leiden tot de zelfrijdende auto. De eerste zelfrijdende auto's zijn overigens al een feit. Figuur 3 toont een overzicht van de meest belangrijke technologieën in moderne voertuigen.

The fully Networked Car: Key Technologies

Embedded systems in automotive industry (example BMW)

VDA



Figuur 3 – Ontwikkeling van embedded systems in een voertuig

1.1.2 Definities, termen en afkortingen

De automotive-industrie is een grote verzameling van bedrijven en organisaties die betrokken zijn bij het ontwerp, ontwikkeling, productie, marketing, verkoop en onderhoud van motorvoertuigen. Het is één van de belangrijkste economische sectoren ter wereld. De automotive-industrie omvat ook industrieën die zich toeleggen op onderhoud en herstel van auto's.

De term automotive is afgeleid van het Griekse autos (zelf) en het Latijnse motus (van beweging) om elke vorm van zelfbetrachtigd voertuig te vertegenwoordigen. De term is voorgesteld door de 'Society of Automotive Engineers' (SAE).