

Verkorte inhoud

Deel 1 Introductie informatiesystemen

Hoofdstuk 1 Informatiesystemen

Hoofdstuk 2 Aspecten van informatiesystemen

Deel 2 Randvoorwaarden aan informatiesystemen

Hoofdstuk 3 Randvoorwaarden

Deel 3 Analyse, structureren en modelleren

Hoofdstuk 4 Analyse, structureren en modelleren

Deel 4 Ontwikkelen en implementeren

Hoofdstuk 5 Ontwikkelen van systemen

Hoofdstuk 6 Testen

Hoofdstuk 7 Implementeren

Deel 5 Beheer en exploitatie van informatiesystemen

Hoofdstuk 8 Beheer en exploitatie

Inhoud

Voorwoord	1
Het e-CF	1
Examenvorbereiding	2
Opzet van het boek	2
Dankbetuiging	3
Over de auteurs	3
Hoofdstuk 1 Informatiesystemen	5
1.1 Het begrip informatiesysteem.....	7
1.1.1 Elementen van informatiesystemen	9
1.1.2 Applications	10
1.2 Geschiedenis van informatiesystemen.....	11
1.2.1 Jaren '50: berekeningen	11
1.2.2 Jaren '60: administratieve toepassingen en procesregelingen	11
1.2.3 Jaren '70: transactiegerichte verwerking	11
1.2.4 Jaren '80: kantoorautomatisering	12
1.2.5 Jaren '90: geïntegreerde toepassingen	12
1.2.6 Jaren '00: directe informatieverstrekking en verwerking	13
1.2.7 Jaren '10: cloud en virtualisatie	14
1.3 Typen informatiesystemen.....	16
1.3.1 Enterprise resource planningsystemen	16
1.3.2 Supply chain managementsystemen.....	19

1.3.3 Customer relationship managementsystemen.....	22
1.3.4 Workflow managementsystemen.....	24
1.3.5 Kennismanagementsystemen.....	26
1.3.6 Transactieverwerkingsystemen.....	32
1.3.7 Managementinformatiesystemen	33
1.3.8 Beslissingsondersteunende systemen	33
1.3.9 Executive Support Systems	35
Hoofdstuk 2 Aspecten van informatiesystemen	39
2.1 Klanten, gebruikers en belanghebbenden	40
2.1.1 Klanten.....	40
2.1.2 Gebruikers.....	40
2.1.3 Belanghebbenden	41
2.2 De invloed van opkomende technologieën.....	42
2.3 Soorten platforms	43
2.3.1 Besturingssystemen.....	43
2.3.2 Browser platforms	49
2.3.3 Mobiele platforms	51
2.4 Soorten programmatuur	54
2.4.1 Systeemsoftware	54
2.4.2 Applicatiesoftware	57
2.4.4 Embedded software.....	58
2.5 Webbased software	59
2.5.1 Kenmerken.....	59
2.5.2 Soorten webbased software.....	59
2.6 Soorten programmeertalen	60
2.6.1 1 ^e generatie: machinecode.....	61
2.6.2 2 ^e generatie: assembleertaal	61
2.6.3 3 ^e generatie: hogere programmeertalen.....	62
2.6.4 4 ^e generatie: 4GL	62

2.6.5 5 ^e generatie: OO	63
2.6.6 6 ^e generatie: CBD.....	63
Hoofdstuk 3 Randvoorwaarden.....	65
3.1 Eisen aan informatiesystemen	66
3.1.1 Kwaliteitseisen.....	66
3.1.2 Eisen aan duurzaamheid	68
3.1.3 Beveiligingseisen	71
3.2 Beveiligen van informatiesystemen	76
3.2.1 Human resource security.....	78
3.2.2 Access control.....	80
3.2.3 Cryptography	82
3.2.4 Physical and environmental security	84
3.2.5 Operations security	85
3.2.6 Communication security.....	89
3.2.7 System acquisition, development and maintenance	91
3.3 Interne audit.....	94
3.4 Standaarden voor informatiebeveiligingsmanagement.....	97
3.2.1 ISO/IEC 27001	97
3.2.2 ISO/IEC 27002	99
3.2.3 Standard of Good Practice for Information Security	100
3.2.4 COBIT for Information Security	101
Hoofdstuk 4 Analyse, structureren en modelleren	107
4.1 Informatieanalyse.....	109
4.1.1 Belang van analyse	109
4.1.2 Basisprincipes van informatieanalyse	109
4.2 Gegevensgerichte datamodeltering	113
4.3 Object georiënteerde datamodeltering.....	115
4.3.1 Belangrijkste begrippen.....	115

4.3.2 Drie steunpilaren	118
4.3.3 Unified Modeling Language	121
4.4 Systeemontwikkelmethoden.....	122
4.4.1 Klassieke methoden	123
4.4.2 Moderne methoden.....	124

Hoofdstuk 5 Ontwikkelen van informatiesystemen 127

5.1 Haalbaarheidsstudie.....	129
5.1.1 Belang van vooronderzoek	129
5.1.2 Criteria voor haalbaarheid	130
5.1.3 Functionele en niet-functionele eisen	133
5.2 Softwareontwikkelmethoden.....	134
5.2.1 Lineaire systeemontwikkelingsmethoden	135
5.2.2 Evolutionaire/incrementele systeemontwikkelingsmethoden.....	138
5.2.3 Procesgerichte systeemontwikkelingsmethoden	150
5.2.4 Gegevensgerichte systeemontwikkelingsmethoden	153
5.3 Fases in het systeemontwikkelp proces	153
5.3.1 Vooronderzoek	155
5.3.2 Definitiestudie.....	155
5.3.3 Functioneel ontwerp.....	155
5.3.4 Technisch ontwerp.....	156
5.3.5 Programmeren/ bouw	156
5.3.6 Acceptatietest	157
5.3.7 Conversie en invoering	157
5.3.8 Gebruik en beheer	157
5.4 Prototyping.....	157
5.5 Rol van de gebruiker.....	158

Hoofdstuk 6 Testen	161
6.1 Belang en het doel van testen	162
6.2 Soorten testen	163
6.2.1 Unit test	168
6.2.2 (Unit) integratietest	169
6.2.3 Systeemtest	170
6.2.4 Systeemintegratietest	170
6.2.5 Acceptatietest	171
6.2.6 Overig	171
6.3 Testproces	172
6.4 Testplan	173
6.4.1 Master testplan	174
Hoofdstuk 7 Implementeren	175
7.1 Verschillende betekenissen	177
7.2 Componenten installeren	178
7.3 Systeemintegratie	180
7.4 Interfacing	182
7.5 Prestatieanalysetechnieken	184
7.6 Packaging	186
7.7 Conversie	187
7.8 Overdracht en nazorg	188
Hoofdstuk 8 Beheer en exploitatie	191
8.1 Beheervormen	193
8.1.1 Historie en samenhang	194
8.1.2 Functioneel beheer	196
8.1.3 Applicatiebeheer	200
8.1.4 Technisch beheer	203

8.2 Soorten onderhoud	207
8.2.1 Correctief onderhoud	208
8.2.2 Preventief onderhoud.....	208
8.2.3 Perfectief onderhoud.....	210
8.2.4 Adaptief onderhoud.....	210
8.2.5 Additief onderhoud.....	211
8.3 Wijzigingsbeheer	211
Literatuur	217
Index	223

Voorwoord

Dit boek is onderdeel van een reeks van drie boeken die samen de basiskennis van het ICT vakgebied behandelen. Dit is de basiskennis volgens het Europese e-Competence Framework vertaald naar de Nederlandse situatie. Deze kennis kan worden aangetoond door het behalen van de AMBI e-CF[®] basisexamens. Daarom is dit boek voor iedereen die basiskennis wil opdoen van het ICT vakgebied en in het bijzonder voor iedereen die Europa breed wil aantonen over deze basiskennis te beschikken.

Het e-CF

Het Europese e-Competence Framework (e-CF) biedt een kader voor de benodigde competenties van iedereen die zich bezighoudt met Informatie en Communicatie Technologie (ICT). Het framework onderscheidt eenenveertig competenties, verdeeld over vijf e-competentiegebieden. De vijf competentiegebieden zijn afgeleid van de processen: plannen, bouwen, uitvoeren, mogelijk maken en sturen (plan, build, run, enable, manage). Aan elk competentiegebied is een aantal competenties gekoppeld, die worden beschreven aan de hand van de kennis, vaardigheden en houding die bij de betreffende competentie horen. Binnen een competentie worden vijf niveaus van oplopende bekwaamheid onderscheiden. Het doel van het framework is te voorzien in een standaard met beroepsprofielen aan de hand waarvan de capaciteiten van ICT-professionals aangegeven kunnen worden. Binnen het uitgebreide vakgebied van de ICT is een groot aantal verschillende ICT-professionals werkzaam, van de ICT consultant tot de digital media specialist en van de ICT trainer tot de test specialist. De competentiebeschrijvingen in het framework bieden een waardevolle referentie niet alleen voor al deze professionals, maar ook voor werknemers en opleiders. Voor het verwerven van elke competentie is een kennisbasis van het vakgebied nodig, want zonder deze kennis van begrippen, technieken, modellen en concepten kunnen de vaak specialistische taken niet worden uitgevoerd. Om te toetsen of iemand over deze basiskennis beschikt zijn landelijke examenlijnen ontwikkeld.

Examenvoorbereiding

In dit boek zullen de begrippen, concepten en voorbeelden worden behandeld die nodig zijn voor het examen Applications. U zult echter geen opgaven, opdrachten of andere didactische elementen tegenkomen. Dit boek biedt puur de inhoudelijke basis en het is aan u zelf, al dan niet met hulp van uw opleider, om met dit basismateriaal te oefenen zodat u de stof uiteindelijk voldoende beheerst om het examen succesvol af te ronden.

Het boek zal de onderwerpen niet diepgaander of uitputtender behandelen dan noodzakelijk is ter voorbereiding op het examen. De onderwerpen worden voldoende uitgewerkt voor het examen met daarnaast nog enige extra informatie als achtergrond. Voor degene die echt interesse heeft om meer over een specifiek onderwerp te weten te komen wordt verwezen naar andere bronnen of bijvoorbeeld naar de verdiepende kernexamens van AMBI e-CF.

Opzet van het boek

De opzet volgt de onderwerpen van de examenspecificaties. Er is een vijftal hoofdonderwerpen c.q. exameneisen, waarvan sommigen zijn onderverdeeld. Hierdoor ontstaan acht hoofdstukken:

1. Informatiesystemen
2. Aspecten van informatiesystemen
3. Randvoorwaarden
4. Analyse, structureren en modelleren
5. Ontwikkelen van informatiesystemen
6. Testen
7. Implementeren
8. Beheer en exploitatie

Het eerste hoofdonderwerp is informatiesystemen wat opgedeeld is in een hoofdstuk informatiesystemen en een hoofdstuk aspecten van informatiesystemen. Het eerste hoofdstuk gaat in op het concept informatiesystemen, waarbij aandacht is voor de geschiedenis en typen organisatiesystemen. In het tweede hoofdstuk wordt ingegaan op actoren bij informatiesystemen, opkomende technologieën, soorten programmatuur en generaties programmeertalen.

Het volgende hoofdonderwerp en hoofdstuk gaat over de randvoorwaarden aan informatiesystemen met aandacht voor eisen aan informatiesystemen, interne audit, beveiliging en standaarden voor informatiebeveiligingsmanagement.

Hierna komen de principes van analyse, structureren en modelleren aan bod. Onderwerpen in dit hoofdstuk zijn informatieanalyse, gegevensgerichte en object georiënteerde datamodellering en soorten systeemontwikkelingsmethoden.

Het volgende hoofdonderwerp is het ontwikkelen en implementeren van informatiesystemen wat onderverdeeld is in drie hoofdstukken: ontwikkelen van

informatiesystemen, testen en implementeren. In het hoofdstuk over het ontwikkelen komen onderwerpen als haalbaarheidsstudie, ontwikkelmethoden, de fase in het ontwikkelproces, prototyping en de rol van de gebruiker aan bod. Bij testen worden soorten testen, het testproces en het testplan besproken. Het hoofdstuk implementeren gaat verder in op componenten installeren, systeemintegratie, interfacing, prestatieanalysetechnieken, packaging, conversie en overdracht en nazorg.

Het laatste hoofdonderwerp en hoofdstuk gaat over de fase na de ingebruikname namelijk de fase van beheer en exploitatie van een informatiesysteem. Allereerst worden daarin de belangrijkste beheermodellen besproken en vervolgens de verschillende soorten onderhoud. Het wordt afgesloten met hoe moet worden omgegaan met wijzigingen in het informatiesysteem oftewel wijzigingsbeheer.

Dankbetuiging

Uiteraard schrijf je een boek niet alleen of, zoals in dit geval, met z'n tweeën. Daarom dank aan de mensen die hebben meegeacht, ons van input en feedback hebben voorzien en ervoor hebben gezorgd dat dit boek nu op de spreekwoordelijke plank ligt. Een voordeel van de huidige mogelijkheden is dat het boek niet letterlijk meer op de plank ligt en er geen uitgever met een vol magazijn met boeken meer nodig is, maar dat het CB boeken kan laten drukken op het moment dat deze nodig zijn via Print on Demand. Dit betekent ook dat de boeken eenvoudig kunnen worden aangepast als bijvoorbeeld examenspecificaties gewijzigd worden.

Onze speciale dank gaat bij dit boek uit naar Ronald Duijne die teksten heeft aangeleverd voor de hoofdstukken 6 tot en met 8 en delen van hoofdstukken 4 en 5. Zijn inspanningen hebben veel geholpen bij de totstandkoming van deze eerste versie van dit boek.

Over de auteurs

Paul Aertsen is van oorsprong bedrijfskundige, maar heeft altijd al interesse in ICT gehad. Zo had hij thuis bijna alle varianten van de eerste PC's zodra deze uitkwamen, te beginnen bij de Acorn Atom, de eerste "hobby" computer voor thuisgebruik. Na zijn opleiding heeft hij een paar jaar bij Cap Gemini gewerkt en heeft daarna vooral veel in het hoger onderwijs gedaan. Zo heeft hij vakken op het vakgebied gedoceerd op meerdere universiteiten en hogescholen en vele afstudeerders op het vakgebied begeleid. Ook heeft hij veel lesmateriaal op het vakgebied ontwikkeld onder andere over UML, IT projectmanagement, informatiesystemen, ICT strategie en e-business. Hij is vanaf het begin betrokken geweest bij het ontwikkelen van het examen raamwerk gebaseerd op het e-CF en was betrokken bij het opstellen van examenspecificaties en de examenvragen.

Wanda Saabeel heeft een opleiding in Business Information Management en heeft vervolgens een promotieonderzoek gedaan naar virtueel organiseren en de rol van ICT in het samenwerken op afstand. Hierna heeft ze zich vooral beziggehouden met projecten op het vakgebied in het hoger onderwijs onder andere op het gebied van curriculumontwikkeling. Ook zij is vanaf het begin betrokken geweest bij het ontwikkelen van het examen raamwerk gebaseerd op het e-CF en was ook betrokken bij het opstellen van examenspecificaties en de examenvragen. Zij heeft vervolgens curricula, vakken en lesmateriaal ontwikkeld op basis van e-CF. Hiernaast is zij expert teamlid in de Europese Unie projecten voor het realiseren van een Europees ICT Body of Knowledge en voor het formuleren van Europese richtlijnen voor ICT curricula. Verder is ze nog commissielid bij het Nederlands Normalisatie Instituut in de normcommissie ICT professionaliteit en digitale vaardigheden.

In derde eeuw voor Christus werd de bibliotheek van Alexandrië opgericht waarin zo veel mogelijk boekrollen uit de westerse wereld werden verzameld. Daarbij werden vaak originele boekrollen gekopieerd en de kopie aan de oorspronkelijke eigenaar gegeven, terwijl het origineel werd ondergebracht in de bibliotheek. Dit niet altijd met medeweten van de eigenaar.

Maar ook hiervoor waren er al bibliotheken, waaronder ook in het oude Egypte. In Egypte werd vaak gebruik gemaakt van papyrus, terwijl elders de inhoud vaak bestond uit verzamelingen kleitabletten. Deze laatste zijn vaker bewaard gebleven, omdat ze minder gevoelig zijn voor bijvoorbeeld brand. Later stond ook het Romeinse rijk bekend om haar vele bibliotheken.

Die traditie van verzamelen van kennis in bibliotheken is iets dat tot de dag van vandaag bestaat en nog steeds bestaansrecht heeft. De mens heeft blijkbaar behoefte aan het gestructureerd vastleggen van gegevens. Er worden namelijk niet alleen filosofische wijsheden en bijvoorbeeld kennis over vakgebieden gestructureerd vastgelegd, maar ook legt de mens allerlei gegevens vast zoals bijvoorbeeld de dagelijkse temperaturen, luchtdruk, windsnelheden etc. om deze vervolgens om te zetten in informatie over bijvoorbeeld het weer. Dat vastleggen is sinds halverwege de vorige eeuw mogelijk met behulp van computers en met hulp van die computers leggen we meer vast dan ooit tevoren in de geschiedenis van de mensheid. Facebook alleen(!) al produceerde in 2020 gemiddeld vier miljoen gigabytes aan gegevens. Dit betekent dat Facebook alleen elke 5 dagen net zo veel data produceert als de complete inhoud van de Library of Congress dat vaak wordt gezien als de grootste bibliotheek in de wereld met meer dan 110 miljoen items. Meer dan ooit is het nodig om deze enorme hoeveelheid gegevens te ordenen en om te zetten in bruikbare informatie.

In dit eerste hoofdstuk wordt allereerst uiteengezet wat informatiesystemen zijn en wordt de geschiedenis hiervan geschetst. Daarna wordt stilgestaan bij een aantal veel gebruikte typen informatiesystemen in organisaties, zoals ERP, SCM en CRM systemen. Hiermee geeft het hoofdstuk een eerste inzicht in informatiesystemen en de bijbehorende terminologie.

Na dit hoofdstuk kunt u:

- » het begrip informatiesysteem omschrijven.
- » verschillende typen informatiesystemen onderscheiden.
- » de relatie tussen elementen van het informatiesysteem beschrijven.
- » de geschiedenis en de ontwikkeling van informatiesystemen beschrijven.

1.1 Het begrip informatiesysteem

Systemen zijn overal om ons heen. Er zijn systemen om bepaalde processen te regelen zoals bestelsystemen, systemen om zaken mee te construeren zoals opbouwsystemen, politieke systemen zoals een bepaald regime, systemen in de vorm van methodes van aanpak of tactiek, systemen om zaken mee te ordenen zoals het periodieke systeem van de elementen of het klimaatstelsel en systemen om dingen concreet mee uit te voeren zoals een radarwerk. En ook een informatiesysteem is een soort systeem. Ondanks het feit dat al deze zaken heel verschillend lijken, is er toch een aantal overeenkomsten te noemen.

In het algemeen kan een systeem gezien worden als: “elke georganiseerde verzameling van onderdelen die bijeen behouden worden door voorgeschreven interacties en ontworpen is voor het behalen van specifieke doelen dan wel algemene doeleinden”.¹

Een systeem:

- › is georganiseerd
- › bestaat uit een verzameling onderdelen
- › wordt bijeengehouden door voorgeschreven interacties
- › is doelgericht.

Deze eigenschappen zijn ook van toepassing op het informatiesysteem. Er zijn formele en informele informatiesystemen. Een voorbeeld van een informeel informatiesysteem is het roddelnetwerk op kantoor. Hierbij zijn geen vaste gedragsregels voor wat onder informatie wordt verstaan en de manier waarop deze verwerkt of opgeslagen moet worden. Formele informatiesystemen kunnen handmatig zijn, bijvoorbeeld een papieren archief dat bestaat uit met de hand ingevulde archiefkaarten, of computergestuurd. Formele systemen zijn gebaseerd op geaccepteerde en vaste definities van gegevens en procedures voor het verzamelen, opslaan, verwerken, verspreiden en gebruiken van deze gegevens (Laudon & Laudon, 2006). Computergestuurde informatiesystemen zijn formele systemen die afhankelijk zijn van computertechnologie. In het kader van dit boek zal deze formele computergestuurde informatiesystemen worden bedoeld, wanneer wordt gesproken over informatiesystemen.

Het begrip informatiesysteem wordt globaal gezien op twee verschillende manieren geïnterpreteerd. Sommigen verstaan onder een informatiesysteem alleen de verzameling onderdelen van de hard- en software. Anderen hebben een bredere kijk op een informatiesysteem en verstaan hieronder alle zaken die bijdragen aan het verwerken en produceren van informatie. Naast de technische onderdelen houdt dit dan ook in de methoden, regels en procedures die zijn ingesteld ten

¹ Dit is een vertaling van de klassieke definitie van een systeem door Kenneth Boulding, uit zijn artikel ‘General Systems Theory’ dat gepubliceerd werd in 1956.

behoefte van de informatieverwerking en –verspreiding en ook de rollen en functies van de mensen die zich hiermee bezighouden.

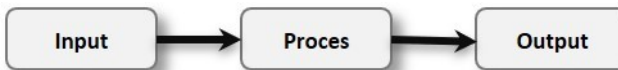
Laudon en Laudon (2019) houden deze bredere visie aan en definiëren een informatiesysteem als:

“een set van aan elkaar gerelateerde componenten die informatie verzamelen (zoeken), verwerken, opslaan en verspreiden ter ondersteuning van de besluitvorming, coördinatie en controle binnen een organisatie.”

Bocij e.a. (2019) zijn nog wat specifiek in hun definitie en benoemen concreet de omzetting van data in informatie-producten en noemen nog meer functies van het informatiesysteem::

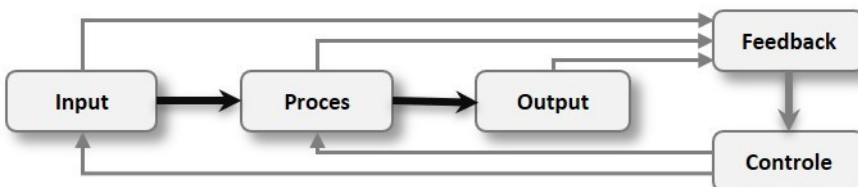
“een groep van aan elkaar gerelateerde componenten die samenwerken om input, processing, output, opslag en controle-acties uit te voeren zodat data wordt omgezet in informatieproducten die gebruikt kunnen worden voor het ondersteunen van voorspellingen, planningen, controle, coördinatie, besluitvorming en operationele activiteiten in een organisatie.”

De functie van een systeem is om input te ontvangen en deze om te zetten in output. Dit wordt weergegeven door het basismodel van een transformatieproces:



Afbeelding 1.1 Basismodel van een transformatieproces

Input, proces (verwerking) en output zijn de drie basisactiviteiten van een informatiesysteem (Laudon en Laudon, 2019). Vaak worden aan dit basismodel nog een feedback mechanisme en een controle mechanisme toegevoegd. Middels het feedback mechanisme wordt informatie over de werking en prestaties van het systeem verzameld en het controle mechanisme is verantwoordelijk voor eventuele veranderingen aan het systeem op basis van de verkregen feedback.



Afbeelding 1.2 Algemeen model van een systeem

Een informatiesysteem in een organisatie functioneert niet in een vacuüm, maar staat in verbinding met de omgeving. Omgevingsfactoren zoals leveranciers, klanten, aandeelhouders en overheden interacteren met de organisatie en het informatiesysteem. Uit de interne en externe omgeving van de organisatie worden gegevens (data) verzameld. Deze data vormen de input voor het informatiesysteem. Door verwerking wordt betekenis verleend aan de data en worden de data omgevormd tot informatie. De output bestaat uit de verwerkte informatie. Deze wordt doorgegeven aan mensen of activiteiten die de informatie nodig hebben.

1.1.1 Elementen van informatiesystemen

Informatiesystemen bestaan volgens de definities uit de vorige paragraaf uit een aantal componenten. Over het algemeen worden mensen en middelen als belangrijke componenten gezien, samen met een set van procedures en regels omtrent de manier waarop de werking moet verlopen en handelingen uitgevoerd moeten worden. Anderen zien al deze elementen als de '(hulp)middelen' (Engels: resources) die nodig zijn voor het functioneren van het informatiesysteem als geheel. Specifiek worden genoemd (Derksen & Crins, 2011; Van Looijen, 2014; Bocij, 2019):

» Mensen

Mensen zijn zowel specialisten als gebruikers. Elke groep heeft eigen competenties, kennis en ervaring. Gebruikers zijn zowel degenen die gebruik maken van het informatiesysteem zelf als van de informatie die het informatiesysteem voortbrengt. Specialisten zijn degenen die het informatiesysteem ontwerpen, ontwikkelen, onderhouden en beheren.

» Hardware

Onder hardware vallen alle apparatuur en opslagmedia die gebruikt worden voor de gegevensverwerking of informatieproductie. De werking daarvan wordt onder meer bepaald door bijvoorbeeld de verwerkingssnelheid, de omvang van het geheugen en het stroomverbruik.

» Software

Software bestaat uit alle programmatuur; waaronder ook beveiligings- en diagnosesoftware. Kenmerken zijn niet alleen de verschillende functionaliteiten, maar ook het versienummer en de frequentie waarop nieuwe releases uitkomen.

» Communicatiemiddelen en netwerken

Middelen ten behoeve van de communicatie en het overbrengen van gegevens over afstand (telecommunicatie) zijn netwerken en de specifieke hard- en software die daarbij nodig is. Een netwerk heeft een bepaalde configuratie (samenstelling), waarbij de apparaten met elkaar in verbinding staan via datacommunicatie en met elkaar communiceren via afgesproken protocollen. Niet overal worden communicatiemiddelen en netwerken als een aparte component genoemd. De onderdelen van een netwerk vallen