

Body of Knowledge and Skills Elektrotechniek

Voor schooljaren 2017-2020

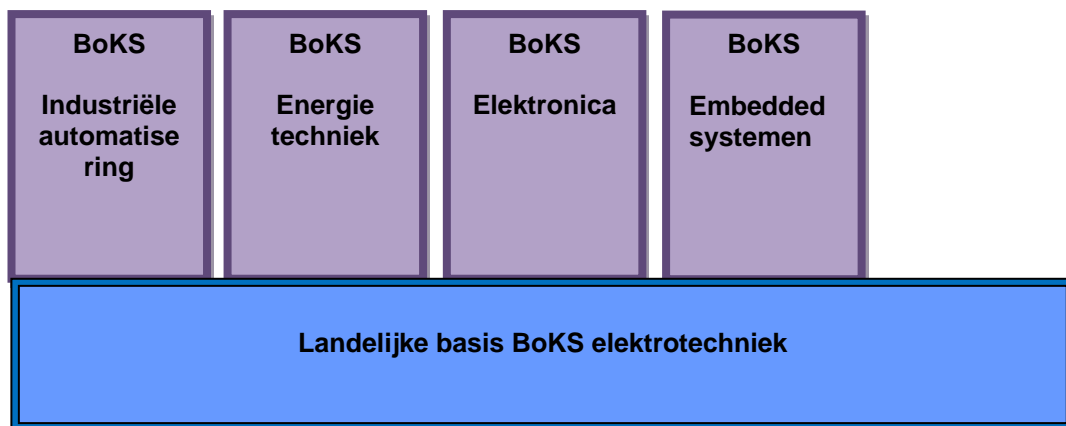
Vastgesteld tijdens landelijk overleg op 11 november 2016

Inhoudsopgave

Inleiding	2
Gevolgde aanpak om tot de BoKS te komen	2
Europees kwalificatie raamwerk en het kenniskader	3
Referenties	3
Aandachtsgebieden van de basis BoKS elektrotechniek	4
Aandachtsgebieden BoKS – Industriële Automatisering	7
Aandachtsgebieden BoKS – Energie	8
Aandachtsgebieden BoKS – Elektronica	9
Aandachtsgebieden BoKS – Embedded Systemen	10
Bijlage I: Niveaus in het Europees Kwalificatie Raamwerk	11
Bijlage II: Inventarisatie welke BoKS wordt aangeboden bij welke ELT opleiding.	12

Inleiding

De BoKS elektrotechniek is de minimale gemeenschappelijke basis van alle elektrotechniek opleidingen. Met de landelijke BoKS in de hand weet het werkveld wat ze van een elektrotechnisch engineer qua kennis en vaardigheden minimaal kunnen verwachten.



Figuur 1: BoKS van een afgestudeerde elektrotechniek met daarin de landelijke BoKS als minimale gemeenschappelijkheid.

Binnen de opleiding elektrotechniek is het niet makkelijk om de kennis los te zien van vaardigheden. De kennis zelf is altijd sterk gekoppeld aan de toepassing van die kennis, daarom wordt de BoKS beschreven met aandachtsgebieden, waarin kennis en vaardigheid zijn samengenomen. De volgorde waarin de aandachtsgebieden zijn weergegeven is willekeurig.

Het vakgebied van de elektrotechniek is erg breed en hogescholen kunnen kiezen voor eigen inkleuring van specialisaties in hun programma's. Het is ook mogelijk om te kiezen uit de landelijk vastgestelde specialisaties: 1. Industriële automatisering, 2. Energie techniek, 3. Elektronica of 4. Embedded systemen. Deze specialisaties zijn beschreven in 5 tot 10 aandachtsgebieden.

Het is aan de hogeschool zelf hoe zij het onderwijs organiseren (specialisaties / differentiaties / minoren etc.), het niveau, de accenten en verdiepingen aanbieden. Indien een hogeschool de uitstroomspecialisatie voert, dan zullen zij bij een accreditatie zich moet verantwoorden voor de gemaakte keuzes.

De landelijke BoKS doet geen uitspraak over didactiek. De BoKS doet geen uitspraak over hoe de kennis en vaardigheden worden aangeboden en ook niet over wanneer het in een programma aan de orde komt.

Gevolgd aanpak om tot de BoKS te komen

In 2013 werd de eerste versie van de basis BoKS opgesteld op basis van een inventarisatie onderzoek bij alle hogescholen. Dit leverde de aandachtsgebieden op die zijn beschreven in de eerste publieksversie. (Publieksversie 1 – 10 januari 2014). Op een bijeenkomst met vertegenwoordigers van het landelijke bedrijfsleven in januari 2014 te Zoetermeer is deze BoKS gepresenteerd. Met behulp van de feedback uit deze bijeenkomst is de BoKS

bijgesteld zodat de tweede publieksversie van de landelijke BoKS elektrotechniek ontstond (Publieksversie 2 – 12 november 2014).

Tijdens het landelijke elektrotechniek congres in Utrecht (april 2015) werd de basis gelegd voor de beschrijving van de kennis en vaardigheden voor vier specialisaties. Op het congres in Deventer (april 2016) werd de gehele BoKS besproken hetgeen resulteerde in de huidige versie voor het schooljaar 2017-2018.

Europees kwalificatie raamwerk en het kenniskader

In het Europees Kwalificatie Raamwerk is aangegeven welke kennis en vaardigheden er op bachelor niveau mogen worden verwacht. (zie *Bijlage I: Niveaus in het Europees Kwalificatie Raamwerk*). Alle opleidingen zullen hun onderwijs zodanig inrichten dat dit passend is bij het bachelor niveau dat is beschreven in het raamwerk.

Kennis	Gevorderde kennis van een werk- of studiegebied, die een kritisch inzicht in theorieën en beginselen impliceert
Vaardigheden	Gevorderde vaardigheden, waarbij blijkt wordt gegeven van absoluut vakmanschap en innovatief vermogen om complexe en onvoorspelbare problemen in een gespecialiseerd werk- of studiegebied op te lossen

In publicaties zoals Robert McCormick (1997) komen rond kennis de onderstaande begrippen naar voren:

Conceptuele kennis	“know that” Feitenkennis
	“know why” Theoretische kennis
Procedurele kennis	“know how” Bijv: ontwerp- en probleemoplossingprocedures

De “know why” van de conceptuele kennis is direct verbonden met “het kritisch inzicht in de theorieën en beginselen”, dit geeft richting aan de diepte de “gevorderde kennis” die van de bachelor wordt verwacht. De procedurele kennis is in de basis BoKS te vinden in de aandachtsgebieden 9, 10 en 11.

Referenties

Robert McCormick (1997), Conceptual and Procedural Knowledge, *International Journal of Technology and Design Education* 7: 141-159, 1997 Kluwer Academic Publishers

Aandachtsgebieden van de basis BoKS elektrotechniek

Leeswijzer

De aandachtsgebieden (met steekwoorden tussen haakjes) beschrijven welke kennis en vaardigheden er van onze afgestudeerden mogen worden verwacht. Zoals in:

- Netwerkelementen (bronnen, weerstand, condensator, spoel)

In een beperkt aantal gevallen is aangegeven dat de steekwoorden slechts voorbeelden zijn van de kennis en vaardigheden, zoals in:

- Circuitsimulatoren (bijvoorbeeld: Pspice, Ltspice, Multisim)

De nummering wordt in de opvolgende versies niet aangepast. Hierdoor kunnen nummers ontbreken.

	AANDACHTGEBIED
1	Netwerktheorie
1,01	Lezen / begrijpen elektrotechnische schema's
1,02	Netwerkelementen (bronnen, weerstand, condensator, spoel)
1,03	Basiswetten (Ohm, Kirchoff)
1,04	Netwerkberekeningen DC: Superpositie
1,05	Netwerkberekeningen DC: Thevenin en Norton
1,06	Signaalvormen: sinus, blok en zaagtand
1,07	Signaalvormen: effectieve en gemiddelde waarde
1,08	Vectordiagram / phasordiagram
1,09	Netwerkberekeningen AC met complexe rekenwijze
1,10	Bodediagram
1,11	Rekenen met dB's
1,12	Overdrachtsfunctie: eerste orde netwerken
1,13	Frequentie afhankelijk gedrag (resonantie, Q-factor, filtering)
1,14	Schakelgedrag: 1ste orde (RL, RC)
2	Natuurkunde
2,01	Elektriciteit
2,02	Elektromagnetisme
2,03	Inductie en wisselstromen
2,04	Elektrisch vermogen, energie en rendement
2,05	Omzetting (bijvoorbeeld: elektromotor, generator, voeding, sensoren, actuatoren)
3	Wiskunde
3,04	Complex rekenen
3,05	Differentiëren
3,06	Integraalrekening
3,07	Differentiaalvergelijkingen
3,08	Transformaties (Laplace, Fourier, Z)

	AANDACHTGEBIED
4	Programmeren
4,01	Basisbeginselen (variabelen, programma flow, functies)
4,02	Documenteren en structureren van programma's (bijvoorbeeld: Flowchart, Program Structure Diagram, versiebeheer)
4,03	Hardware gericht programmeren (bijvoorbeeld: microcontroller, interrupt, ADC, flash, seriële communicatie)
4,04	Basisbeginselen object georiënteerd programmeren
5	Analoge techniek
5,01	Basistheorie halfgeleiders
5,02	Basisschakelingen diodes
5,03	Basisschakelingen transistoren
5,06	Basisschakelingen Op-Amp
6	Digitale techniek
6,01	Getal representatie en codesystemen
6,02	Binair rekenen, two's complement
6,03	Booleaanse algebra
6,04	Logische basisfuncties
6,05	Combinatorische logische schakelingen
6,06	Waarheidstabellen
6,07	Sequentiële componenten, geheugenwerking
6,08	Toestandsmachines
6,09	Bemonsteren, aliasing, AD / DA omzetting
7	Regeltechniek
7,01	Systeemeigenschappen onderzoeken
7,02	Regelaar ontwerp (on-off, PI, PID)
8	Tele- en datacommunicatie
8,01	Basisbeginselen tele- en datacommunicatie
8,02	Netwerken (LAN, bussystemen, wireless)
9	Testen en meten
9,01	Systematisch fouten zoeken en testen
9,02	Meetvaardigheden
9,03	Interpretatie van meetresultaten
10	Toegepast onderzoek
10,01	Formuleren van probleemstelling, doelstelling, onderzoeksvraag
10,02	Onderzoeksmethodieken
10,03	Plannen en structuren van onderzoek
10,04	Interpretatie van onderzoeksresultaten
10,05	Onderzoeksrapport (bijvoorbeeld: doelgroep, gebruik literatuur, refereren)

	AANDACHTGEBIED
10	Ontwerp- / ontwikkelmethoden
10,01	Systematisch ontwerpen
10,02	Ontwerpmethodieken (bijvoorbeeld: V-model, SDM)
10,03	Systeembeschrijving (Input-Proces-Output, hiërarchie, architectuur)
10,04	Elektromagnetische compatibiliteit
10,05	Ontwerpgereedschappen (bijvoorbeeld: PCB ontwerp, Installatie ontwerp, FPGA ontwerp)
10,06	Circuitsimulators (bijvoorbeeld: P-spice, LT-spice, Multisim)
10,07	Wiskundige analysegereedschappen (bijvoorbeeld: Matlab, Scilab, Maple)
10,08	Hardware versus software implementatie
10,09	Testen, validatie, verificatie
11	Toegepast onderzoek
11,01	Formuleren van probleemstelling, doelstelling, onderzoeksvraag
11,02	Onderzoeksmethodieken
11,03	Plannen en structuren van onderzoek
11,04	Interpretatie van onderzoeksresultaten
11,05	Onderzoeksrapport (bijvoorbeeld: doelgroep, gebruik literatuur, refereren)
12	Persoonlijke ontwikkeling en communicatie
12,01	Doelgroepgerichte schriftelijke en mondelinge communicatie
12,02	Stijl en structuur verslagen
12,03	Overtuigen en onderbouwen
12,04	Analyseren en oordeelvorming
12,05	Presentatievaardigheden
12,06	Creativiteit
12,07	Projectmatig werken / plannen
12,08	Projectmanagement
12,09	Studievaardigheden
12,10	Reflectie op gedrag en kennis

Aandachtsgebieden BoKS – Industriële Automatisering

Leeswijzer

De aandachtsgebieden (met steekwoorden tussen haakjes) beschrijven welke kennis en vaardigheden er van onze afgestudeerden mogen worden verwacht. Zoals in:

- Modelvorming (mechanica, dynamica))

In een beperkt aantal gevallen is aangegeven dat de steekwoorden slechts voorbeelden zijn van de kennis en vaardigheden, zoals in:

- Veldapparatuur (bijvoorbeeld: transmitters, actuatoren, motoren, regelkleppen, ventielen)

Het is aan de hogeschool zelf hoe zij het onderwijs organiseren (specialisaties / differentiaties / minoren, het niveau, de accenten). Indien een hogeschool een uitstroomspecialisatie voert, dan zal zij zich bij een accreditatie verantwoorden voor de gemaakte keuze.

	AANDACHTGEBIED
1,01	Veldapparatuur (bijvoorbeeld: transmitters, actuatoren, motoren, regelkleppen, ventielen)
1,02	Communicatie techniek (bijvoorbeeld: veldbus-systemen, industriële netwerken, netwerk- / cyberveiligheid)
1,03	Automatiseringstechniek (PLC, SCADA, HMI, DCS, databases, MES/MOMS)
1,04	Productie automatisering (bijvoorbeeld: servo-techniek, machineveiligheid (PL, CE), frequentieregelaars, robotica, pneumatica, hydrauliek, beeldherkenning)
1,05	Proces automatisering (SIL, procestechneik, procesveiligheid)
1,06	Modelvorming (mechanica, dynamica)

Aandachtsgebieden BoKS – Energie

Leeswijzer

De aandachtsgebieden (met steekwoorden tussen haakjes) beschrijven welke kennis en vaardigheden er van onze afgestudeerden mogen worden verwacht. Zoals in:

- Vermogenselektronica (AC-AC, AC-DC, DC-DC, DC-AC)

In een beperkt aantal gevallen is aangegeven dat de steekwoorden slechts voorbeelden zijn van de kennis en vaardigheden, zoals in:

- Opweksystemen (bijvoorbeeld: PV, windenergie, (de-)centraal, eilandbedrijf)

Het is aan de hogeschool zelf hoe zij het onderwijs organiseren (specialisaties / differentiaties / minoren, het niveau, de accenten). Indien een hogeschool een uitstroomspecialisatie voert, dan zal zij zich bij een accreditatie verantwoorden voor de gemaakte keuze.

	AANDACHTGEBIED
201	Opweksystemen (bijvoorbeeld: PV, windenergie, (de-)centraal, eilandbedrijf)
2,02	Elektrische machines (bijvoorbeeld: synchroon, asynchroon, DC)
2,03	Transport & distributie hardware (netwerktopologie, lijnen en kabels, beveiligingen)
2,04	Transport & distributie rekenmethoden (vermogens, load flow, kortsluiting, ster/driehoek selectiviteit)
2,05	Vermogenselektronica (AC-AC, AC-DC, DC-DC, DC-AC)
2,06	Inductoren, transformatoren
2,07	Vermogensanalyse ((niet-lineaire) belastingsprofielen, power quality)
2,08	Smart grids (bijvoorbeeld: opslag, energiemanagement, gebruik elektrisch vervoer)

Aandachtsgebieden BoKS – Elektronica

Leeswijzer

De aandachtsgebieden (met steekwoorden tussen haakjes) beschrijven welke kennis en vaardigheden er van onze afgestudeerden mogen worden verwacht. Zoals in:

- Modellering (groot signaalgedrag, klein signaalgedrag, simulatie)

In een beperkt aantal gevallen is aangegeven dat de steekwoorden slechts voorbeelden zijn van de kennis en vaardigheden, zoals in:

- Geen voorbeeld in deze BoKS

Het is aan de hogeschool zelf hoe zij het onderwijs organiseren (specialisaties / differentiaties / minoren, het niveau, de accenten). Indien een hogeschool een uitstroomspecialisatie voert, dan zal zij zich bij een accreditatie verantwoorden voor de gemaakte keuze.

	AANDACHTGEBIED
3,01	Eigenschappen halgeleiders (PN overgang, diode, bipolair, JFET, MOSFET)
3,02	Modellering (groot signaalgedrag, klein signaalgedrag, simulatie)
3,03	Basisschakelingen (eigenschappen van CE/S, CC/D, CB/G, shunttrap, serietrap, darlington, verschiltrap, common – differential mode, stroomspiegels)
3,04	Instelling (klassen A-B-C-D, low power - low voltage)
3,05	Lineaire schakelingen (nullormodel, overdrachten, tegenkoppeling, vervorming, stabiliteit , bandbreedte)
3,06	Hoogfrequent techniek / Elektromagnetisme (Transmissielijnen, impedantie aanpassing, EM veld, EM storingen, antennes, propagatie)
3,07	Signaalbewerking op fysische laag (Ruis, filters, oscillatoren, vermenigvuldigers, Phased Locked Loop (PLL))
3,08	Vermogensconverters (buck, boost, flyback, wel / niet geïsoleerd)
3,09	Ontwerpen van hardware (analoog, digitaal/embedded)

Aandachtsgebieden BoKS – Embedded Systemen

De aandachtsgebieden (met steekwoorden tussen haakjes) beschrijven welke kennis en vaardigheden er van onze afgestudeerden mogen worden verwacht. Zoals in:

- Connectiviteit – randapparatuur (bedraad, draadloos, protocollen)

In een beperkt aantal gevallen is aangegeven dat de steekwoorden slechts voorbeelden zijn van de kennis en vaardigheden, zoals in:

- Verdiepend programmeren (bijvoorbeeld: C, Python, JAVA)

Het is aan de hogeschool zelf hoe zij het onderwijs organiseren (specialisaties / differentiaties / minoren, het niveau, de accenten). Indien een hogeschool een uitstroomspecialisatie voert, dan zal zij zich bij een accreditatie verantwoorden voor de gemaakte keuze.

	AANDACHTGEBIED
4,01	Digitale signaal bewerking
4,02	Connectiviteit – randapparatuur (bedraad, draadloos, protocollen)
4,03	Basis computer architectuur
4,04	Modelleren (bijvoorbeeld: UML, SYSML, SDL)
4,05	Real-Time gedrag.
4,06	Verdiepend programmeren (bijvoorbeeld: C, Python, JAVA)
4,07	Ontwerpen van hardware (complexer microcontroller/FPGA design)

Bijlage I: Niveaus in het Europees Kwalificatie Raamwerk

De onderstaande tabel komt uit het Europees Kwalificatie Raamwerk (EKR).

Elk van de 8 niveaus wordt gedefinieerd door een set descriptoren die de leerresultaten aangeven die in alle kwalificatiesystemen relevant zijn voor kwalificaties op dat niveau. Hieronder zijn alleen de beschrijvingen van MBO4, Associate Degree, Bachelor Degree en Master Degree weergegeven.

	Kennis	Vaardigheden	Competentie
	<i>In de context van EKR wordt kennis als theoretische kennis en/of feitenkennis beschreven.</i>	<i>In de context van EKR worden vaardigheden als cognitief (betreffende logisch, intuïtief en creatief denken) en praktisch (betreffende handigheid en toe-passing van methodes, materi-alen, hulpmiddelen en instrumen-ten) beschreven.</i>	<i>In de context van EKR wordt competentie in termen van verantwoordelijkheid en zelfstandigheid beschreven.</i>
Niveau 4 De voor niveau 4 relevante leerresultaten MBO 4 niveau	Feitenkennis en theoretische kennis in brede contexten van een werk- of studiegebied	Een waaier van vereiste cognitieve en praktische vaardigheden om in een werk- of studiegebied specifieke problemen op te lossen	Zichzelf managen binnen de richtsnoeren van werk- of studiecontexten die gewoonlijk voorspelbaar zijn, maar kunnen veranderen. Toezicht uitoefenen op routinewerk van anderen en een zekere mate van verantwoordelijkheid op zich nemen voor de evaluatie en verbetering van werk of studieactiviteiten
Niveau 5 De voor niveau 5 relevante leerresultaten Associate Degree niveau	Ruime, gespecialiseerde feiten- en theoretische kennis binnen een werk- of studiegebied en bewustzijn van de grenzen van die kennis	Een brede waaier van vereiste cognitieve en praktische vaardigheden om creatieve oplossingen voor abstracte problemen uit te werken	Management en toezicht uitoefenen in contexten van werk- of studieactiviteiten waarin zich onvoorspelbare veranderingen voordoen. Prestaties van zichzelf en anderen kritisch bekijken en verbeteren
Niveau 6 De voor niveau 6 relevante leerresultaten Bachelor Degree niveau	Gevorderde kennis van een werk- of studiegebied, die een kritisch inzicht in theorieën en beginselen impliceert	Gevorderde vaardigheden, waarbij blijkt wordt gegeven van absoluut vakmanschap en innovatief vermogen om complexe en onvoorspelbare problemen in een gespecialiseerd werk- of studiegebied op te lossen	Managen van complexe technische of beroepsactiviteiten of -projecten; de verantwoordelijkheid op zich nemen om in onvoorspelbare werk- of studiecontexten beslissingen te nemen De verantwoordelijkheid op zich nemen om de professionele ontwikkeling van personen en groepen te managen
Niveau 7 De voor niveau 7 relevante leerresultaten Master Degree niveau	Bijzonder gespecialiseerde kennis, die ten dele zeer geavanceerd is op een werk- of studiegebied, als basis voor originele ideeën. Kritisch bewustzijn van kennisproblemen op een vakgebied en op het raakvlak tussen verschillende vakgebieden	Voor onderzoek en/of innovatie vereiste gespecialiseerde probleemoplossende vaardigheden om nieuwe kennis en procedures te ontwikkelen en kennis uit verschillende vakgebieden te integreren	Managen en transformeren van complexe en onvoorspelbare werk of studiecontexten die nieuwe strategische benaderingen vereisen De verantwoordelijkheid op zich nemen om bij te dragen tot professionele kennis en manieren van werken en/of om strategische prestaties van teams kritisch te bekijken

Bijlage II: Inventarisatie welke BoKS wordt aangeboden bij welke ELT opleiding.

	Hogeschool	Basis BoKS	BoKS Industriële Automatisering	BoKS Energie	BoKS Elektronica	BoKS Embedded systemen	Opmerkingen
1	Avans Breda	X	X	X			
2	Avans Den Bosch	X	X			X	
3	Fontys Eindhoven	X			X	X	
4	Haagse Hoge School	X		X	X	X	
5	HAN Arnhem en Nijmegen	X	X	X		X	
6	Hanze Assen	X				X	
7	Hanze Groningen	X					?
8	Hogeschool Zuyd	X					Brede bachelor
9	Hogeschool van Amsterdam	X					Brede bachelor
10	In Holland - Alkmaar	X	X		X	X	
11	NHL Hogeschool	X	X		X	X	
12	Rotterdam	X		X		X	
13	Saxion	X	X	X	X	X	
14	Utrecht	X	X				
15	Windesheim	X		X		X	