

Is er nog echt akoestiekonderwijs?

Terugblikkend op de ontwikkeling van de akoestiek in Nederland lijkt dat er de laatste decennia een kaalslag heeft plaatsgevonden op akoestisch onderwijs. Veel is verdwenen, maar in Eindhoven is er een bloeiende opleiding aan Fontys Hogescholen ontstaan.

Door: Harrie Linskens

Over de auteur:

Ir. Harrie Linskens is docent aan de Fontys hbo-opleiding Technische Natuurkunde in Eindhoven. Hij doceert Akoestiek en Elektro-akoestiek, ontwikkelt onderwijs en practica, is stage- en afstudeercoördinator en project-begeleider. Zijn akoestische oorsprong ligt bij het Instituut voor Perceptie Onderzoek /TUE in Eindhoven

INTRODUCTIE

In Nederland bestaat geen HBO of Universitaire opleiding die zich uitsluitend met akoestiek of geluid bezig houdt. Dat was decennia geleden anders. Al voor dat de Wet geluidhinder in de 70-er jaren van de vorige eeuw ontstond, werd het vak akoestiek beoefend en gedoceerd. De TU-Delft was daar een bolwerk van met bekende namen. Aan de TU-Eindhoven was de Faculteit Bouwkunde met FAGO (Fysische Aspecten van de Gebouwde Omgeving) bekend.

Nog steeds zijn de Technische Universiteiten actief op akoestisch gebied en leiden zij wetenschappelijke akoestici op, zoals de Building Acoustics Group van Maarten Hornikx aan de TU-Eindhoven. Naast Bouwkunde is akoestiek vaak gerelateerd aan Werktuigbouwkunde, zowel op universiteiten als op hogescholen. Akoestiek in samenhang met fysische meettechniek vormt op Fontys Hogescholen een belangrijk deel van de opleiding Technische Natuurkunde.

Het werkveld en de samenleving hebben deskundigen nodig die het verband leggen tussen kennis en de uitvoering in de praktijk. In dit artikel wordt beschreven wat de Fontys hbo-opleiding Technische Natuurkunde bijdraagt aan de opleiding van akoestisch geschoolden.

FONTYS TECHNISCHE NATUURKUNDE

De Fontys opleiding Technische Natuurkunde in Eindhoven richt zich op het toepasbaar maken van de resultaten van natuurkundig en technisch onderzoek. Daarbij is sprake van een vertaling

van natuurkundige kennis en principes naar innovatieve en duurzame technische producten en diensten. Studenten worden opgeleid om onderzoek te doen en ontwerpen te maken.

Ontwerpen kunnen ook modellen, simulaties of softwareprogramma's zijn. De basis daarbij zijn de competenties onderzoeken, ontwikkelen en experimenteren.¹

De opleiding heeft ca. 320 studenten en 15 docenten en vierde in 2019 haar 50-jarig bestaan.

Midden jaren 90 ontving de opleiding een schenking van een groot Nederlands bedrijf dat stopte met zijn activiteiten. Het betrof een aanzienlijke collectie geluidmeetapparatuur en toebehoren. De opleiding bezat al een geluidanalyser en enige kennis, maar de schenking gaf de mogelijkheid om van akoestiek een serieus deel van het curriculum te maken. In dit artikel zal duidelijk gemaakt worden dat dit gerealiseerd is en zo zal blijven.

THEMATISCH ONDERWIJS

In 1996 werd het curriculum van de opleiding hervormd. Er werden Probleem Gestuurd Onderwijs (PGO) en Project Onderwijs (PO) ingevoerd. Het curriculum kreeg later een thematische indeling. Gezien de interesse van enkele docenten en de aanwezige apparatuur lukte het om een thema Waves-Optics-Sound in te voeren in het 2^e studiejaar. Thematisch betekent dat alle studieonderdelen in onderlinge samenhang worden aangeboden. Elk kwartaal heeft een eigen thema, zoals 'Meten aan beweging', 'Heat & Mass Transfer' en 'Energy & Environment'. Tabel 1 geeft de indeling van het curriculum weer. Een compleet studiejaar levert 60 studiepunten (EC).

Binnen het thema Waves-Optics-Sound komen de onderwerpen Akoestiek, Trillingen, Optica en Electro-magnetische velden (EM) aan bod. Naast colleges en instructies in elk vak, zijn er PO-opdrachten en het Practicum Fysisch Experimenteren in dezelfde periode van 7 lesweken, alles in relatie met elkaar. Ook de Wiskunde, met name Fouriertheorie, is op het thema afgestemd. In EM-velden (en ook Optica) wordt het gedrag van elektromagnetische golven besproken. Er is een grote gelijkenis in het gedrag

TABEL 1: CURRICULUM OPLEIDING TECHNISCHE NATUURKUNDE MET THEMA'S PER PERIODE.

	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4
TN 1 ^{ste} jaar	Metten aan beweging 15 EC	Warmtehuis-houding 15 EC	Metten aan processen 15 EC	Fundamenteel onderzoek van de materie 15 EC
TN 2 ^{de} jaar	Sensing and Processing 15 EC	Smart Materials 15 EC	Waves, Optics and Sound 15 EC	Heat and Mass Transfer 15 EC
TN 3 ^{de} jaar	Stage 30 EC		Energy and Environment 15 EC	Signals and Materials 15 EC
TN 4 ^{de} jaar	Minor 30 EC		Afstuderen 30 EC	

van geluid en EM-golven. Daardoor versterken deze vakken elkaar. Geluid leent zich heel goed voor het begrijpen van golfgedrag in de natuurkunde. Bovendien heb je een brede kennis nodig van natuurkunde, wil je alles echt begrijpen. Dit echt begrijpen is wat de opleiding als doel heeft. Door het thematisch aanbod krijgen de studenten in korte tijd akoestische kennis en inzicht. Bovendien wordt bij hen de interesse gewekt voor het akoestisch werkveld. De relatie met het werkveld werd versterkt door vanaf 2004 studenten projecten te laten doen van externe opdrachtgevers.

WAT WORDT ER NU INHOUDELIJK GEDAAN?

Het college Akoestiek voor 2^e jaarstudenten behandelt begrippen als geluidsdruk, intensiteit, geluidvermogen, het rekenen met dB's, energetisch optellen, equivalent niveau, frequentiebanden, frequentieweging, direct veld, diffuus veld, nagalmtijd, absorptiecoëfficiënt, reflectie, akoestische impedantie, de golfvergelijking, geluidisolatie, sound quality, industriellawaai, et cetera. Het practicum start meteen met het doen van een verkeerslawaaimeting, een statistische meting om L_{10} , L_{50} en L_{90} te bepalen. Dit gebeurt met een van de oldtimer geluidmeters, de Bruel & Kjaer 2231 (figuur 1). Een ouderwetse analoge meter maakt zichtbaar wat Fast en Slow betekent.



FIGUUR 1: ANALOGE GELUIDMETERS BK 2231

Voor akoestiek wordt gebruik gemaakt van het boek 'Acoustics and Noise Control' van R.J.Peters.²

Het thema Waves-Optics-Sound start al in week 2 met een Arboproject. Studenten zoeken een bedrijf of instantie waar een Arbogeluidmeting gedaan kan worden. Zij ontdekken hoe belangrijk het is om je dosimeter vooraf goed in te stellen. De student ontdekt voor het eerst dat er normen zijn, in dit geval de ISO-9612, en dat daar ook de meetonzekerheid in wordt genoemd. Per jaar doen zo'n 14 groepjes van 3 á 4 studenten de Arbogeluidmeting en zijn daar een week of 4 mee bezig. Deze projecten zijn in allerlei werkomgevingen gedaan, bijvoorbeeld bij een metaalbewerker, een kleuterleidster, een tandtechniker, een sportleraar en een autospuiter. Elke student is er zich na dit project bewust van dat een te hoog geluidniveau schadelijk is en draagt dat naar zijn omgeving uit. Het is ook mogelijk om het Arboproject te doen op het gebied van trillingen met de B&K 4447 Human Vibration analyser. Onderzoek is onder andere gedaan bij een buschauffeur en een heftruckrijder.

De meetonzekerheid in de akoestiek is voor studenten moeilijk te bevatten. Als je de nagalmtijd (per octaaf- of tertsband) in een ruimte meet met 2 of 3 verschillende methodes dan komen daar verschillende waarden uit. Dat is juist mooi in het onderwijs. Je hebt als docent iets om met de studenten over te discussiëren en zo begrip te vormen.

In het practicum ligt de nadruk op akoestiek. Eerst het ophalen van bestaande kennis, zoals de staande golf in een buis of tussen een luidspreker en een muur, het dopplereffect en zweving. De student geeft over zo'n experiment een pitch. Vertel binnen 2 minuten wat het experiment inhoudt. Dan blijkt pas hoe moeilijk het is om duidelijk te zijn en natuurkundig correct iets uit te leggen. Bijvoorbeeld 'hebben we het bij staande golven over knopen en buiken van de geluidsdruk of van de deeltjessnelheid?'. Na deze introductie zijn er vrij open experimenten: het bepalen van de geluidabsorptiecoëfficiënt met een Standing Wave Tube,

het bepalen van het geluidvermogen van een bron met een Reference Sound Source, bepalen van de nagalmtijd, geluidisolatie tussen wanden, contactgeluidisolatie bepalen met een hamerapparaat, spraakverstaanbaarheid (STI) met BK Dirac, de geluidssnelheid in een metalen staaf, etc. Bij deze metingen wordt gebruik gemaakt van moderne professionele geluidmeters. Een jaar of zeven geleden bleek dat de kennis van studenten over FFT-analyse minimaal was. Fourieranalyse werd in de wiskunde behandeld, maar het toepassen en begrijpen bij metingen was een probleem. In het thema Waves-Optics-Sound is toen een extra college FFT ingevoerd, dat plaats vindt als de studenten in de wiskunde net hun eerste Fourierreeksen hebben berekend. Tot dan kennen zij alleen het tijddomein, zoals je dat op een oscilloscoop ziet. In het practicum wordt elke student meteen aan het werk gezet om van periodieke signalen (blok, zaagtand, puls) het spectrum te analyseren op een digitale scoop. Daarbij kom je meteen in aanraking met digitale signaalverwerking en blijkt de digitale scoop zijn beperkingen te hebben. Het werken met dB's op een oscilloscoop is ook een nieuwe ervaring. Druk je iets uit in decibels dan is er een referentiewaarde nodig. Bij de scoop moet je die zelf zoeken of met metingen zien te vinden.

In het 2^e studiejaar doen de studenten na het Arbogeluidproject een project dat ongeveer 10 weken duurt. Dit kan op het gebied van geluid zijn. Zo zijn klaslokalen onderzocht, is een IVN-presentatieruimte gemeten en aangepast, is er onderzoek gedaan naar het geluid van boktorren in houten dakconstructies, is de lawaaiabelasting rond een pretpark gemeten, enzovoorts. Onderdeel van het curriculum is het opstellen en doorrekenen van modellen en simulaties in Comsol, een multi-physics eindige-elementen-pakket. Hier worden regelmatig akoestische situaties voor gebruikt.

In het 4^e studiejaar van de opleiding zit een minor. De student kan de opleidingseigen minor kiezen. Ongeveer 20 studenten maken die keuze en volgen dan het vak Elektro-akoestiek, bestaande uit colleges, practicum en een onderzoeksproject. Aan de orde komt eerst psycho-akoestiek met praktische experimenten, zoals het onderscheidend vermogen van het oor qua frequentie en intensiteit. De studenten maken een audiogram, testen een van de audiometers volgens de ISO-norm met een Artificial Ear en meten met een Madsen tympanometer. Enkele hoofdtelefoons worden beluisterd en op het gehoor beoordeeld. Daarna worden deze met B&K HATS gemeten (figuur 2). Doel daarvan is om de gehoormatig waargenomen verschillen te vertalen naar meetbare fysische grootheden.



FIGUUR 2: METING FREQUENTIEKARAKTERISTIEK MET BK HATS EN DE BK 2131 FREQUENCY ANALYSER

In de colleges wordt het boek 'Introductie tot de Elektro-akoestiek' van Peter Swarte³ gebruikt. Hierin wordt de gehele keten van versterkt geluid besproken. De studenten doen een workshop Sound Engineering in een geluidopnamestudio, waar het werken met een digitaal mengpaneel en het maken van een eind-

mix van een 24-kanaalsopname van het optreden van een orkest wordt uitgelegd.

Met het softwarepakket ARTA worden de eigenschappen van luidsprekers bepaald, zoals de Thiele & Small parameters, de frequentie-karakteristiek en de directivity (figuur 3).



FIGUUR 3: METING VAN HET LAAGFREQUENT GEDRAG VAN EEN LUIDSPREKER MET BK 2270 EN ARTA WAARBIJ HET BOEK VAN BERANEK CREATIEF GEBRUIKT WORDT.

Onderdeel van het vak is een project dat van een bedrijf afkomstig kan zijn. In het project worden vaak de gevoeligheid van de luidspreker, het polair diagram en het rendement bepaald. Dit is onder andere gebeurd voor zuilluidsprekers uit de Dom in Utrecht. Om het rendement te bepalen wordt met een intensiteitsprobe het geluidvermogen bepaald. De laatste jaren zijn veel studenten betrokken geweest bij een onderzoeksproject om de geluidskwaliteit te bepalen van LP's die met spuitgietsen zijn geproduceerd en niet uit vinyl geperst zijn. Sinds een jaar beschikt de opleiding over het nieuwe BKConnect software-platform met een 6 kanaals LAN XI interface. Studenten in de postpropedeutische fase hebben hier in allerlei projecten en opdrachten mee gewerkt om het te testen, bijvoorbeeld de Sound Quality van huishoudelijke apparaten. Het blijkt dat dit programma zeer geschikt is om te gebruiken voor opleidingsdoeleinden in akoestiek en signaalverwerking. BKConnect wordt nu ingezet in het tweedejaarspracticum en bij projecten. Figuur 4 geeft het resultaat weer van een Sound Quality meting van een tweedejaars studentenproject met BK Connect aan twee haardrogers.



FIGUUR 4: WEERGAVE VAN HET MEETRESULTAAT MET BKCONNECT VAN EEN METING AAN 2 HAARDROGERS: GELUIDDRUKNIVEAU, VERSNELLING EN DE SOUND QUALITY PARAMETERS LUIDHEID (SONE/BARK), RUWHEID (ASPER/BARK) EN SCHERPTE (ACUM/BARK).

Uit voorgaande mag duidelijk zijn dat de opleiding veel aandacht besteedt aan geluid, zowel de theorie en berekeningen, maar met name ook aan de meettechnieken, data-analyse en het werken volgens normen. Bij projecten leert de student ook om duidelijk te krijgen wat een vaak externe opdrachtgever nu eigenlijk wil.

STUDENT EN DOCENT IN RELATIE TOT HET WERKVELD

De stage in het 3^e jaar duurt 5 maanden evenals de afstudeeropdracht in het laatste semester. Elke stagiair geeft tijdens de stagecolloquiumdag een presentatie over zijn stageopdracht en het stagebedrijf. Hiermee wordt de interesse gewekt van de aanwezige 1^e en 2^e jaarsstudenten om ook eens na te denken over een loopbaan in akoestiek.

Per jaar kiezen 10 á 15 studenten voor een stage of afstudeeropdracht op het gebied van akoestiek of trillingen. Een deel van hen zoekt na het afstuderen een baan in het akoestisch werkveld. De opleiding heeft contacten met de bekendste adviesbureaus in Nederland, met fabrikanten van meetapparatuur, met wetenschappelijke instituten en met bedrijven, waarvan enkele in het buitenland.

Recent zijn de opleidingen van Fontys Technology & Innovation, waaronder ook Technische Natuurkunde, verhuisd naar de campus van de Technische Universiteit Eindhoven. In dit mooie vernieuwde gebouw is een akoestische meetkamer gerealiseerd (figuur 5).



FIGUUR 5: AKOESTISCHE MEETKAMER MET REGIERUIMTE

De docenten akoestiek zijn lid van het Nederlands Akoestisch Genootschap (NAG) en van de Audio Engineering Society (AES). Meerdere docenten hebben de cursus Hogere Akoestiek in Antwerpen gedaan, maar zijn nu bijna allen met pensioen. Inmiddels zijn in 2019 drie jonge docenten geslaagd voor deze cursus en hebben zij colleges, projectbegeleiding en practica overgenomen, waarmee duidelijk is dat de opleiding akoestiek beschouwd als belangrijk in het curriculum technische natuurkunde en blijft investeren in akoestische kennis en voorzieningen!

CONCLUSIE

Er is de afgelopen decennia veel veranderd op het terrein van akoestiek onderwijs. Meer elementair akoestiek onderwijs op een natuurkundige basis is vrijwel geheel vervangen door akoestiek in het kader van heel andere onderwerpen als werktuigbouw, bouwkunde en productontwikkeling. Uniek in die ontwikkeling is het feit dat binnen de Fontys hbo-opleiding Technische Natuurkunde veel aandacht bestaat voor akoestiek in het curriculum. Dit wordt nog versterkt door het belang van met name de kennis van (digitale) signaalbewerking die wordt toegepast in de verschillende meettechnieken zoals die in de akoestiek en de elektro-akoestiek worden gebruikt. Door theorie van natuurkunde, wiskunde, praktijk en projecten voor externen bijna simultaan aan te bieden groeit het begrip van studenten in korte tijd. Zij zijn daarvoor in staat al snel in de praktijk werkzaam te zijn, wat blijkt uit het succes waarmee ze hun stages voltooien en het feit dat zij snel een baan vinden.

Daarmee voorziet de opleiding in een duidelijke behoefte in een maatschappij waar geluid ook nog steeds (te) nadrukkelijk aanwezig is.

REFERENTIES

- 1 Opleidingsprofiel hbo-Technische Natuurkunde, Domein Applied Sciences, september 2016. <https://appliedscience.nl/profielbeschrijving/opleidingsprofielen/> en https://appliedscience.nl/app/uploads/2017/05/H5-Technische-natuurkunde_2016.pdf
- 2 R.J.Peters, B.J.Smith & Margaret Hollins, Acoustics and Noise Control, 3d Edition, Routledge 2011.
- 3 Peter Swarte, Introductie tot de Elektro-akoestiek. Elektor 2010.

De auteur is André Dommels, Tanja Briels, Ellen Moerman en Frans van Bavel, allen verbonden aan de opleiding Technische Natuurkunde, erkentelijk voor hun bijdragen aan dit artikel.