

In samenhang opleiden van wo-ingenieurs en mbo-technici

Toegepast natuurkundig onderzoek is onmogelijk zonder een goede samenwerking tussen wetenschappers, technici en instrumentmakers. Helaas verliezen de (toekomstige) wetenschappers en technici elkaar vaak al op de middelbare school uit het oog waardoor wederzijds begrip niet vanzelfsprekend is. Daarom is er een lesactiviteit ontworpen waarbij studenten technische natuurkunde (TN) en mbo-studenten van de Leidse Instrumentmaker School (LiS) elkaar juist leren kennen en van elkaar leren. We reflecteren hieronder op deze pilot.

Wat is DEF?

Eerstejaars studenten technische natuurkunde aan de TU Delft (TUD) volgen het vak Design Engineering voor Fysici (DEF). Binnen dit vak leren studenten om hun theoretisch natuurkundige kennis op een 'gestructureerde' manier in te zetten om problemen op te lossen [1]. De gekozen onderwijsvorm is 'maak-onderwijs' waarbij studenten wekelijks zelf dingen ontwerpen en hun ontwerp ook maken. De studenten krijgen veel vrijheid in wat ze maken, maar de opdrachten worden zodanig ingericht dat ze altijd de leerdoelen van het vak tegenkomen. Deze leerdoelen liggen op het gebied van ontwerpen, ingenieursvaardigheden, werken met toleranties en verscheidende fabricagetechnieken. Enkele voorbeelden van opdrachten

zijn het ontwerpen en maken van: een capacitieve sensor, een microscoop en een transistor. Het vak wordt afgesloten met een grote eindopdracht waarin studenten de opdracht krijgen om een demonstratieopstelling van een zelfgekozen natuurkundig fenomeen te maken.

De TN-studenten leren binnen DEF een aantal basistechnieken voor fabricage zoals solderen, lasersnijden en 3D-printen. Ze behalen daarbij natuurlijk niet het fabricage-expertise-niveau van hun toekomstige werkplaatscollega's die aan de LiS studeren.

Wat doet de LiS?

De Leidse instrumentmakers School (LiS) is een van de oudste (specialistische) vakopleidingen, ooit opgericht om technici voor de werkplaats van de

natuurkundefaculteit te Leiden op te leiden. Het is de kleinste mbo-opleiding van Nederland maar tegelijkertijd de grootste op het gebied van instrumentmakerij. De driejarige opleiding leidt de studenten op tot instrumentmaker, met vaardigheden waarmee ze in staat zijn om zeer gedegen en precieze instrumenten te vervaardigen. Hierbij ligt de nadruk op het bewerken van metaal, maar ook glas(blazen) en kunststoffen komen langs tijdens de opleiding. Naast dat de studenten ervaring opdoen in de diverse werkplaatsen volgen ze aanvullend wiskunde- en natuurkundeonderwijs opdat ze ook de benodigde theoretische bagage meekrijgen. De vierjarige opleiding tot *research*-instrumentmaker voegt daar nog het analyseren van problemen en het ontwerpen (en bouwen) van prototypes aan toe.



Omdat studenten in het latere werkveld te maken krijgen met collega's en opdrachtgevers met een andere achtergrond, krijgen ze in de opleiding ook een brede kennis mee op andere relevante gebieden zoals elektronica, programmeren van besturingssystemen en optiek. Voor hun projecten zullen ze regelmatig kennis moeten ophalen bij externe experts. Denk daarbij aan instrumentmakers werkzaam in het veld maar ook bijvoorbeeld elektrotechnici en wetenschappers. Hoewel de studenten eigenlijk overal terecht komen waar nauwkeurig maken belangrijk is, heeft de LiS een paar speerpunten gedefinieerd binnen de opleiding. Het gaat hierbij om:

- (Wetenschappelijk) onderzoek
- Hightechindustrie
- Ruimtevaart
- Medische technologie

Samenwerking LiS en TUD

In hun latere carrières is de kans groot dat TN- en LiS-studenten elkaar als collega's tegenkomen. De technisch natuurkundige bedenkt vanuit theoretische kennis complexe ontwerpen. De instrumentmaker denkt mee en fabriceert de ontwerpen. Om in een vroeg

stadium met elkaars wereld kennis te maken en zo waardering voor elkaars expertise te kweken is in 2023 voor het eerst een gezamenlijke lesactiviteit voor TN- en LiS-studenten opgezet. In de beginfase van de DEF-eindopdracht, wanneer de TN-studenten bezig zijn met het uitwerken van hun ideeën tot een ontwerp, bezoeken ze de LiS. Elke groep van drie TN-studenten stuurt vooraf de plannen en het ontwerp naar de aan hen gekoppelde (derdejaars) LiS-student. Het is goed om te benadrukken dat de eerstejaars TN-student en de derdejaars LiS-student gemiddeld even oud zijn. Ze zouden bij elkaar in de (brug)klas gezeten kunnen hebben. Op de LiS krijgen de TN-studenten een rondleiding van de LiS-student langs alle fabricageafdelingen van de LiS. Er zijn op dat moment ook daadwerkelijk LiS-studenten aan het werk aan hun eigen opdrachten, bijvoorbeeld met moderne computergestuurde CNC-machines of glasblazen. Omdat het bij deze ontmoeting gaat om de interactie tussen de studenten wordt de rondleiding verzorgd door de LiS-student. Na de rondleiding geeft de LiS-student feedback op het materiaalgebruik en de maakbaarheid van het opgestuurde ontwerp. Zowel

bij de rondleiding als bij het overleg observeren de docenten op afstand. Ze zijn geen onderdeel van het proces. Ze geven dus ook geen extra uitleg en doen geen eigen suggesties aan de studenten. Het is dus aan de TN- en LiS-studenten om zowel de fysica als de ontwerpuitdagingen met elkaar te bespreken. De TN-studenten verwerken de ontvangen feedback in een volgende iteratie van hun ontwerp en leveren dit kort na het bezoek in bij hun docent. Zo wordt gewaarborgd dat de TN-studenten het bezoek en de feedback serieus nemen. Deze uitwisseling draagt voor alle partijen bij aan het leerproces. Enerzijds krijgen TN-studenten al in de opleiding inzicht in en waardering voor de technische kennis en vaardigheden van de LiS-studenten. Tegelijkertijd krijgen de LiS-studenten een inkijkje in het soort wis- en natuurkundige problemen waar de TN-studenten tegenaan lopen voordat ze met een technische tekening bij hen aankloppen. In algemene zin zorgen we ervoor dat studenten van verschillende onderwijsstromingen (universiteit en mbo) elkaar tegenkomen, elkaar en elkaars problemen leren te begrijpen en tijdens hun opleiding buiten hun eigen bubbel moeten kijken.



Opbrengst eerste uitwisseling

Gedurende de rondleiding door de LiS waren de TN-studenten zichtbaar onder de indruk van de LiS-studenten en de vaardigheden die ze bezitten. De TN-studenten gingen uiterst serieus om met de adviezen van hun collega's en er werden over en weer veel vragen gesteld over het ontwerp en de fabricage ervan. Een voorbeeld van veel gegeven feedback door LiS-studenten is dat bepaalde onderdelen niet met een 3D-printer kunnen worden gemaakt vanwege de krachten die op het ontwerp komen te staan. De LiS-student geeft daarbij duidelijk advies om een ander materiaal of fabricageproces te kiezen. Zo wilden TN-studenten 3D-geprinte tandwielen gebruiken in een opstelling waar een vallende massa via een katrol een dynamo aandrijft. Op basis van de feedback van de LiS-student zijn ze overgestapt op tandwielen van hout die met een lasersnijder worden uitgesneden. Een ander gebied waarop veel feedback is gegeven betreft onduidelijkheden in het voorgestelde ontwerp van een DEF-groep. Denk bijvoorbeeld aan het ontbreken van toleranties en marges

voor de gebruikte onderdelen. Het is absoluut van meerwaarde dat studenten deze feedback (ook) krijgen van een *peer* die ze respecteren op basis van hun vaardigheden en kennis.

Na afloop gaven de TN-studenten aan veel aan de feedback gehad te hebben en vooral dat ze veel begrip hebben gekregen voor hoe dingen 'in het echt' gemaakt worden. De feedback heeft ertoe geleid dat de kwaliteit van de eindproducten – met name op het gebied van fabricage – aanmerkelijk hoger was dan in de voorgaande jaren.

Ook de LiS-studenten hebben deze samenwerking zeer gewaardeerd. Ze hebben ervaren dat zij ook expert zijn en dat studenten aan een universiteit naar hun adviezen luisteren. Dit alles heeft geleid tot een boost in het zelfvertrouwen van de LiS-studenten.

Conclusie

Deze samenwerking heeft er als eerste voor gezorgd dat de wo- en mbo-studenten elkaar professioneel hebben ontmoet en weten van elkaars bestaan. Ze hebben bovendien duidelijk meer waardering voor elkaar gekregen en

ervaren dat de ene opleiding niet beter is dan de andere. Ieder ontwikkelt zijn eigen expertise en voor een goed product heb je beide expertises nodig. Natuurlijk zijn er na een eerste keer ook verbeterpunten. Zo is het voor veel studenten van de LiS vaak nog onduidelijk wat er daadwerkelijk met hun feedback gebeurd is. Dit is iets waar we in een volgende editie extra aandacht aan gaan besteden zodat er (nog) meer meerwaarde is voor zowel de TN- als LiS-studenten. Een interessante ontwikkeling die kan helpen om dat vorm te geven is dat een van de DEF-projecten heeft geleid tot een afstudeeropdracht voor een drietal LiS-studenten ter afronding van hun opleiding tot research-instrumentmaker. Ze krijgen daarbij juist weer advies van de TN-studenten die vorig jaar het project hebben bedacht. Zo gaat de uitwisseling ook na de afsluiting van DEF nog door.

Vanwege de positieve ervaringen van zowel de studenten als de docenten is er besloten om deze uitwisseling als vast onderdeel op te nemen in het DEF-curriculum. We moedigen hierbij andere opleidingen aan om ook te zoeken naar mogelijkheden om binnen hun vakgebied studenten van verschillende onderwijsrichtingen (universiteit, hbo, mbo) in een vroeg stadium van hun studie inhoudelijk met elkaar te laten samenwerken.

Rolf Hut ...

Frank Molster ...

Rutger Ockhorst ...
R.Ockhorst@tudelft.nl

REFERENTIE

- 1 C.F.J. Pols en R. Hut, *Maker Education in the Applied Physics Bachelor Programme at Delft University of Technology* (2023), https://doi.org/10.1163/9789004681910_009