



MEERJARENPLAN 2021-2025



MEERJARENPLAN 2021-2025

Faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek &
Technische Materiaalwetenschappen, TU Delft

VOORWOORD

Voor u ligt het Meerjarenplan 2021-2025 van de faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek & Technische Materiaalwetenschappen van de TU Delft. Het kwam tot stand in een uitdagende tijd en onder uitdagende omstandigheden: de Covid-19-pandemie, die de veerkracht van mensen, de samenleving én de faculteit op de proef stelde en stelt.

Niemand weet nog hoe de pandemie zich de komende tijd zal ontwikkelen, maar zeker is wel dat we de afgelopen tijd veel hebben geleerd – lessen die we de komende jaren kunnen en zullen toepassen.

Covid-19 raakte ook de manier waarop dit Meerjarenplan tot stand kwam. Genoodzaakt tot thuiswerken konden we, in vergelijking met eerdere edities, weinig samen rond de tafel om te reflecteren en te discussiëren. Technologie kreeg een onbedoelde hoofdrol door veelvuldig overleg via een beeldscherm. Dat is een extra reden om iedereen die aan het plan bijdroeg op deze plek hartelijk te bedanken.

Over de uitkomst kunnen we niettemin heel tevreden zijn: in dit Meerjarenplan worden belangrijke lijnen voor de komende jaren uitgezet. Het laat zien dat in de faculteit volop

over de toekomst wordt nagedacht en erop wordt geanticipeerd. Het toont ook een faculteit die met creativiteit en enthousiasme nieuwe uitdagingen wil aangaan, binnen de eigen muren maar ook daarbuiten. Het getuigt van veerkracht en dat stemt optimistisch.

Met het uitbrengen van dit plan komt het gesprek over de ontwikkeling van de faculteit natuurlijk niet stil te staan. Integendeel: als de Covid-19-pandemie ons één ding heeft geleerd, dan is het hoe belangrijk het is om samen na te blijven denken over hoe we, met onderwijs en onderzoek, de beste antwoorden vinden op technologische en maatschappelijke uitdagingen van deze tijd.

**Het Management Team
December 2021**



INHOUD

1.	Inleiding	4
2.	Studenten en onderwijs	6
3.	Onderzoek en innovatie	8
4.	Mensen en gemeenschap	12
5.	Huisvesting	16
	Colofon	20

1

INLEIDING

De TU Delft helpt de samenleving bij het vinden van antwoorden op grote en kleine uitdagingen. We doen dat door goede ingenieurs op te leiden en grensverleggend technisch-wetenschappelijk onderzoek te doen. Dat geldt voor de universiteit als geheel, en het geldt zeker ook voor de faculteit **Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek & Technische Materiaalwetenschappen**, een faculteit met onderwijs en onderzoek van wereldklasse.

Groeiende belangstelling

De Faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek & Technische Materiaalwetenschappen heeft zich de laatste jaren kunnen verheugen in een groeiende belangstelling van studenten. Dat heeft te maken met groeiende aandacht in de samenleving voor de belangrijke rol van techniek in het oplossen van grote vraagstukken waar we samen voor staan. De construerende wetenschappen waarin onze faculteit excelleert, krijgen mede daardoor de brede belangstelling die ze verdienen.

Niet alleen de omvang van de faculteit verandert; ook de inhoud van ons werk verandert. Stap voor stap verschuift in ons onderzoek en onderwijs het zwaartepunt van technische toepassingen voor vaak zware industrie naar meedenken over oplossingen voor grote maatschappelijke uitdagingen. Als probleemoplossers pur sang kunnen en moeten wij als faculteit immers grote rollen spelen rond duurzame productie, energietransitie, mobiliteit en gezondheid.

Een prachtig voorbeeld kwam vroeg in de Covid-19-pandemie, toen medewerkers en studenten de uitdaging aangingen om een oplossing te vinden voor een dreigend tekort aan beademingsapparatuur. Het was een voorbeeld van een open, meedenkende, samenwerkende, informele, oplossingsgerichte en naar buiten kijkende cultuur. Die is op veel plekken op onze faculteit te vinden, en die willen we de komende jaren vasthouden en versterken.

Onderwijs en onderzoek

De afgelopen jaren heeft de faculteit grote slagen gemaakt. Deels dankzij extra financiële middelen voortvloeiend uit het Sectorplan Bèta en Techniek en een advies van de Commissie-Van Rijn, mede gericht op het vergroten van de capaciteit van techniekopleidingen, konden we de uitdaging van een snel groeiende

de studentenpopulatie beantwoorden met een toenemend medewerkersbestand. Die extra capaciteit, in combinatie met een stroomlijning van onze curricula en onderwijsorganisatie, hielp de druk op het onderwijs te verlichten. We hielden de integratie van onderwijs en onderzoek overeind en de kwaliteit van het onderwijs bleef bepalend, principes die we de komende jaren zullen handhaven.

In lijn met het Sectorbeeld Techniek versterkten we de afgelopen jaren drie basisdisciplines (thermodynamica & stromingsleer; mechanica, statica, dynamica & materiaalkunde; en meet- & regeltechniek) en de toepassingsgebieden ervan. We investeerden in de aanstelling van jonge onderzoekers op uitdagende onderwerpen zoals de energietransitie, robotica en artificiële intelligentie, maar ook in hun ondersteuning bij het aanvragen van persoonlijke beurzen, wat zijn vruchten al begint af te werpen. Langs diverse wegen, waaronder octrooien en spin-off-bedrijven, draagt het onderzoek van onze faculteit rechtstreeks bij aan de samenleving. Onafhankelijke visitaties bevestigden het positieve beeld: de kwaliteit van ons onderzoek oogst waardering.

De komende jaren focust de faculteit op de drie basisdisciplines uit het Sectorbeeld. Daarnaast zijn er zijn vele toepassingsgebieden in het biomedische onderzoeksveld waarin extra geïnvesteerd zal worden. Tegelijk gaan we ons onderzoek en onderwijs explicieter richten op drie specifieke maatschappelijke uitdagingen -- duurzaamheid, de energietransitie en gezondheid en zorg -- die goed aansluiten op de thema's van de TU Delft. Dit aangescherpte externe profiel zal de faculteit beter zichtbaar maken in nationale en internationale samenwerkingsverbanden.



Huisvesting

We zijn trots op ons karakteristieke gebouw. Het is een broedplaats voor creativiteit en een plek voor ontmoeting en productieve samenwerking. In de loop der jaren is er het nodige aan vertimmerd en nog steeds investeren we flink om te zorgen dat belangrijke onderzoek-infrastructuur up to date kan blijven of worden. De groei van het aantal medewerkers en studenten zal echter, zeker wanneer de gevolgen van de Covid-19-pandemie zullen verminderen, meer dan ooit zichtbaar maken hoe de faculteit bijna letterlijk uit zijn voegen barst.

Op heel veel plaatsen kampen we met toenemend ruimtegebrek. Nu al worden werkplekken en laboratoria tot in de nokken van de daken opgestapeld. Op de oude voet verdergaan is geen optie: het gaat simpelweg niet passen. Dit zal ons als facultaire gemeenschap de komende jaren dwingen prioriteiten te stellen en creatieve keuzes te maken, en samen het gebouw optimaal te benutten voor het doen van goed onderzoek en het geven van inspirerend onderwijs aan studenten. Voor sommige andere activiteiten zullen we de blik ook op voorzieningen buiten het gebouw moeten richten.

Diversiteit

We zijn blij met een toegenomen aandeel van vrouwelijke medewerkers in de afgelopen jaren. Ook onder nieuwe studenten neemt het aandeel vrouwen langzaam toe. Maar daarmee zijn we er nog niet. Diversiteit gaat over meer dan alleen aantallen vrouwen en mannen; ook in andere opzichten kan onze populatie studenten en medewerkers de samenleving meer weerspiegelen, zoals verschillende sociale of culturele achtergrond of fysieke mogelijkheden. Als

faculteit gaan we ook die uitdaging aan door nieuwe stappen te zetten.

We zijn een faculteit met inspirerend onderzoek en uitdagende, maatschappelijk relevante opleidingen, en we willen onbewuste en onbedoelde drempels om daaraan deel te nemen herkennen en verlagen. Zo gaan we proberen bij de werving van studenten bredere doelgroepen te bereiken en aan te spreken. Maar we gaan ook nadenken over hoe een diverse populatie studenten en medewerkers zich binnen onze muren optimaal thuis kan voelen.

Optimisme

Als faculteit staan we er goed voor. De kwaliteit van onderwijs, onderzoek en ondersteuning is uitstekend. Maar voor behoud van die kwaliteit is continu vernieuwing nodig. Dit Meerjarenplan zet een aantal onderwerpen op de agenda. Ze helpen ons de komende jaren nieuwe uitdagingen aan te gaan en ervoor te zorgen dat het volgende Meerjarenplan even trots en optimistisch van toon zal kunnen zijn.

2

STUDENTEN EN ONDERWIJS

Al meer dan 150 jaar biedt de faculteit uitstekende opleidingen, met een team van goede docenten, technici en onderwijskundigen, ondersteund door up-to-date faciliteiten en gericht op de nationale en internationale arbeidsmarkt. Onze studenten zijn theoretisch onderlegde en praktisch ingestelde probleemoplossers, die met anderen kunnen werken aan gezamenlijke doelen. In die vaardigheden zullen wij hen verder begeleiden en opleiden.

De afgelopen jaren wisten we groeiende aantallen studenten op te vangen zonder de staf te overbelasten en zonder de onderwijskwaliteit in het geding te brengen. Ook tijdens de periode van snelle groei spande de faculteit zich in om balans te houden tussen onderwijs en onderzoek. Ervaren hoogleraren zijn meer dan in het verleden actief in het bachelor-onderwijs, jonge docenten zijn vooral actief in het kleinschaliger onderwijs in de master-fase. Elke onderzoeker aan onze faculteit moet óók affiniteit hebben met onderwijs.

Onze visie op onderwijs

Goed onderwijs besteedt aandacht aan drie doelen: kwalificatie, socialisatie en subjectivering.

Bij kwalificatie geven wij de studenten kennis, vaardigheden en competenties mee die zij nodig hebben om te functioneren in hun toekomstige beroepsleven. Door middel van socialisatie moeten onze studenten kennismaken met de tradities van het vak, reflecteren op wat het betekent om ingenieur te zijn en de normen en waarden die daarbij gelden, en leren over hun eigen verantwoordelijkheid en de noodzaak kritisch te zijn. In het verlengde daarvan ligt subjectivering, het gebruik van de studietijd voor persoonlijke groei en volwassenwording, het ontwikkelen van een eigen identiteit en het ontdekken van de eigen drijfveren en passies. Goed onderwijs stimuleert en begeleidt studenten in al deze drie dimensies. Daarom reserveren we in al onze curricula niet alleen ruimte voor onderwijs in technische kennis en vaardigheden maar ook voor reflectie op het vak van ingenieur en voor mogelijkheden om maatschappelijk actief te zijn.

Nieuwe balans on- en off-campus onderwijs

De Covid-19-pandemie had zijn weerslag op onze gemeenschap. De gedwongen, ongekend snelle overschakeling op online-onder-

wijs begin 2020 leidde tot hoge werkdruk bij docenten, zette de organisatie van onderwijs op zijn kop en beïnvloedde het sociale en mentale welbevinden van docenten én studenten. De pandemie heeft ons inmiddels ook veel geleerd – bijvoorbeeld over de technische en onderwijskundige mogelijkheden én beperkingen van online- en thuisonderwijs, over de toegevoegde waarde van nieuwe werkvormen en over de essentiële waarde van on-campus-activiteiten. Die lessen zullen we de komende jaren toepassen als we zoeken naar nieuwe evenwichten tussen on- en off-campus-methoden. Waar het een bijdrage kan leveren aan de studiekwaliteit willen we blijvend meer ruimte scheppen voor off-campus-studiemogelijkheden. Zo kan bij hoorcolleges met name gericht op kennisoverdracht thuisonderwijs een bruikbaar alternatief zijn voor fysieke aanwezigheid. We streven ernaar dergelijke colleges aan te gaan bieden in de vorm van passief hybride onderwijs. In passief hybride onderwijs worden colleges live gestreamd met een mix van publiek in de zaal en online. Vaak heeft ook het online-publiek de mogelijkheid live vragen te stellen. Opnames van het college, achteraf beschikbaar gesteld, kunnen op een zelfgekozen tijd en plaats worden bekeken. Dat geeft studenten maximale flexibiliteit en kan de druk op schaarse onderwijsvoorzieningen helpen verlichten.

Uit onze onderwijsvisie vloeit echter voort dat on-campus onderwijsvormen zoals werkgroepen en praktijkonderwijs essentieel zijn en blijven, en deze zullen dus in alle opleidingen en studiejaar een grote rol (blijven) spelen.

Studentenpopulatie en opleidingen

Na een groei van het aantal bachelorstudenten in afgelopen jaren verwachten we voor de komende periode een stabilisering in de bachelor-fase. Daarentegen zal het aantal masterstudenten waarschijnlijk nog wel blijven toenemen.



Dat zal nieuwe uitdagingen met zich meebrengen. Om al onze doelstellingen voor goed onderwijs te blijven realiseren, zullen we de komende jaren onder meer speciale aandacht besteden aan de volgende aspecten:

- We proberen individuele mastertracks en -opleidingen te beperken tot maximaal honderd studenten, onder meer door curricula te actualiseren.
- We willen aan onze bachelorstudenten de mogelijkheid bieden om bij ons een master te volgen. We zullen de totale zij-instroom van masterstudenten daarom beperken en waar nodig schakelprogramma's voor masteropleidingen aanscherpen om het niveau te garanderen.
- Om te bevorderen dat onze studentenpopulatie een betere afspiegeling vormt van de samenleving als geheel, zullen we onder meer onderzoeken hoe we door middel van actieve outreach (bijvoorbeeld naar meer of andere scholen voor voortgezet onderwijs) ondervertegenwoordiging van categorieën studenten kunnen verminderen. (Meer over onze ambities op het gebied van diversiteit is te vinden in hoofdstuk 4.)
- In de masteropleidingen willen we het 'meester-gesel systeem' herwaarderen door studenten in groepen en toch onder begeleiding te laten oefenen met theorie en te leren over het vak. We streven naar geïntegreerd projectonderwijs waarin we inhoudelijke kennis en vaardigheden laten samenkomen. Dit verruimt de persoonlijke en academische ontwikkeling van studenten en vergroot hun studieplezier.
- We versterken de studeerbaarheid van masteropleidingen door studentvolgsystemen te verbeteren

en de sociale cohesie binnen de programma's te versterken. We starten pilots met mentor/intervisie-groepen die van afstuderen meer dan nu een gezamenlijke reis maken.

- We gaan curricula meer toesnijden op de veranderende samenleving en het veranderende werkveld. De als speerpunten gekozen maatschappelijke uitdagingen (duurzaamheid, energietransitie en gezondheid en zorg) vragen om aanpassingen in onderwijsinhoud en vormen, voor sommige opleidingen meer dan andere.
- In lijn met onze onderwijsvisie versterken we de socialisatie-component van opleidingen. We intensiveren de aandacht voor transferable skills die we onze studenten willen meegeven: teamwork, besluitvaardigheid, communicatie, plannen en prioriteren. We doen dat door reflectieve engineer-leerlijnen te integreren in alle opleidingen.
- Om bovenmatige werkdruk bij sommige individuele docenten te beperken, spannen we ons in om onderwijs beter te spreiden over de beschikbare staf. Om bij groeiende aantallen masterstudenten en veranderende curricula de werklast ook in het algemeen beheersbaar te houden, stellen we ons vooralsnog terughoudend op in de richting van onderwijsinitiatieven die los staan van bachelor- en masteronderwijs. Dat kan ook centrale initiatieven op het gebied van open online-onderwijs (zoals ProfEds en Lifelong Learning) betreffen. (Meer over onze ambities op het gebied van werkdruk is te vinden in hoofdstuk 4.)

3

ONDERZOEK EN INNOVATIE

De faculteit doet baanbrekend en invloedrijk onderzoek op maatschappelijk belangrijke toepassingsgebieden in fundamentele en toepassingsgerichte technische wetenschappen. Ons onderzoek staat hoog in academische ranglijsten en ook bij de industrie en in de samenleving staat het goed bekend. Deze goede posities willen we behouden en versterken. Behalve getalenteerde, gemotiveerde en betrokken medewerkers zijn daarvoor een stevige disciplinaire basis, voldoende financiering en state-of-the-art onderzoekinfrastructuur onmisbaar.

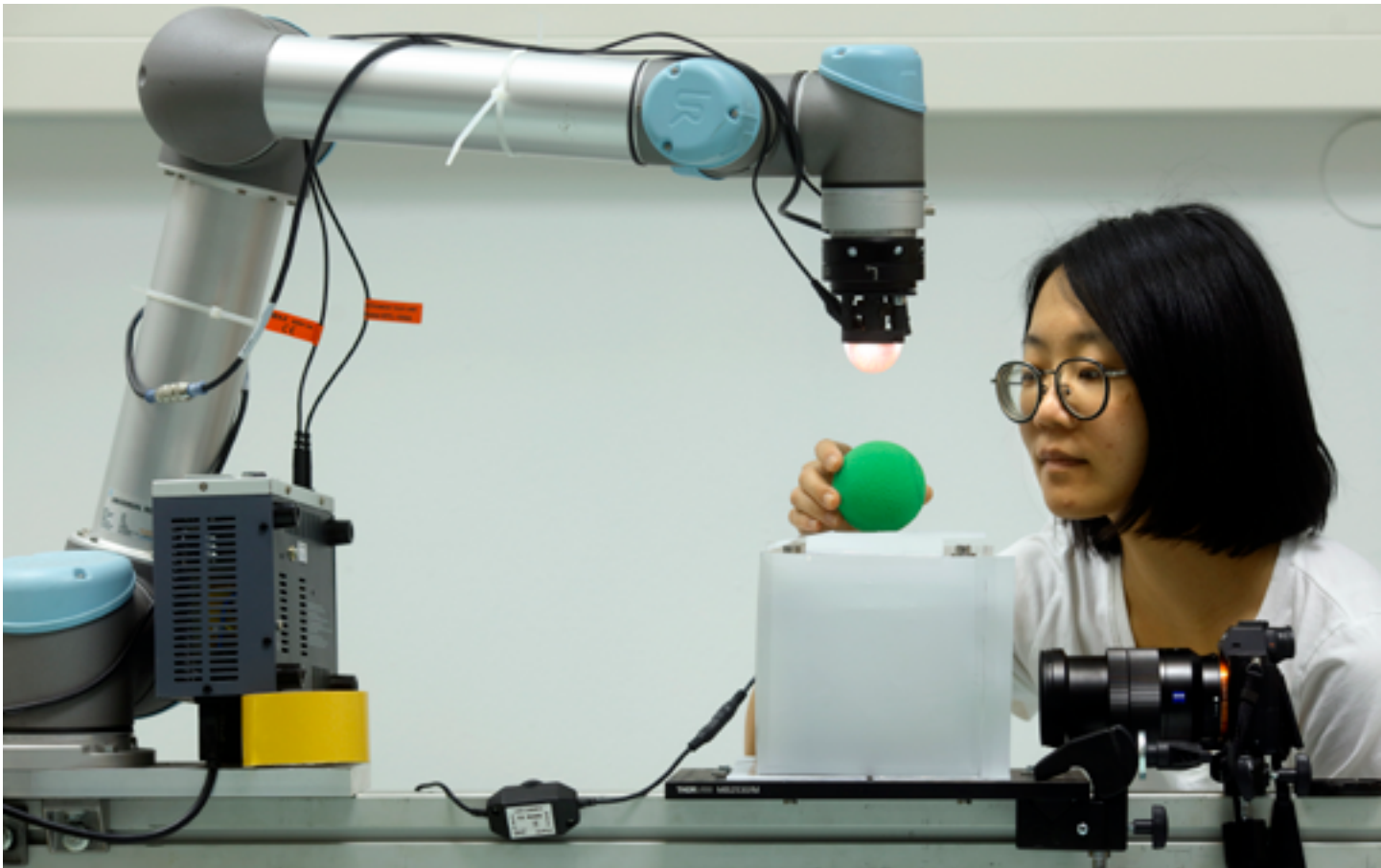
Basisdisciplines

Sinds enkele jaren stelt de Nederlandse overheid, mede als uitvloeisel van discussies rond het Sectorplan Bèta en Techniek en aanbevelingen van de Adviescommissie Bekostiging Hoger Onderwijs en Onderzoek, structureel extra middelen beschikbaar voor techniekonder-

wijs, waaronder de construerende technische wetenschappen. Een nationaal 'Sectorbeeld' voor techniek identificeerde basisdisciplines en focusgebieden die versterking verdienen. Op het gebied van werktuigbouwkunde benoemde het Sectorbeeld drie ook in onze faculteit sterk vertegenwoordigde basisdisciplines:



Aan de faculteit 3mE wordt vanuit kennis van basisdisciplines en de methodiek van het construerend ontwerpen, onderwijs en onderzoek verricht in vele toepassingsgebieden. Continue interactie tussen basisdisciplines onderling en met de toepassingsgebieden is essentieel en vormt de basis van onze werkwijze.



- *Thermodynamica & stromingsleer*, binnen onze faculteit bijvoorbeeld gericht op grootschalige energieopslag, omzetting van groene stroom in synthetische brandstoffen, en schoon en efficiënt gebruik van deze brandstoffen voor weg- en zeetransport.
- *Mechanica, statica, dynamica & materiaalkunde*, binnen onze faculteit bijvoorbeeld gericht op ontwerp en constructie van apparatuur en componenten met additive manufacturing, interactieve en hybride materialen, en herbruikbare en duurzame materialen en structuren, alles op meerdere schaalniveaus.
- *Meet- & regeltechnieken*, binnen onze faculteit bijvoorbeeld gericht op digitalisering en automatisering met veel aandacht voor actualiteits- en sensortechnologie.

Met behulp van kennis vanuit deze drie basisdisciplines wordt onderwijs en onderzoek verricht op belangrijke toepassingsgebieden, in het bijzonder maritieme techniek, intelligente systemen en sensortechnologie, en biomechanische/biomedische techniek. De methodiek van het construerend ontwerpen speelt hierbij een sleutelrol. De faculteit acht continue interactie tussen basisdisciplines en toepassingsgebieden essentieel, en besteedt dus aan beide aandacht in zowel het onderzoek als het onderwijs. Waar mogelijk zal worden geprobeerd de onderlinge cohesie tussen de basisdisciplines en onderzoeksgroepen te vergroten. In het steeds belangrijker wordende bio-

medische toepassingsgebied zal de komende jaren extra worden geïnvesteerd.

In een snel veranderende wereld blijft ook onze faculteit natuurlijk wendbaar, adaptief en exploratief ten opzichte van nieuwe ontwikkelingen. Zo verwachten we dat artificiële intelligentie (AI) een groeiende rol gaat spelen in veel van ons onderzoek. De faculteit benadert AI echter niet als discipline maar als krachtig gereedschap, dat in samenwerking met anderen op uiteenlopende terreinen zal worden ontwikkeld en toegepast.

Drie maatschappelijke uitdagingen

De laatste jaren groeit het besef dat wetenschap en techniek een belangrijke taak hebben bij het vinden van antwoorden op grote maatschappelijke uitdagingen. Dat vertaalt zich ook in nationale en internationale financiering voor fundamenteel en toepassingsgericht onderzoek.

De faculteit vult haar maatschappelijke verantwoordelijkheid in door onderzoek in de basisdisciplines de komende jaren vooral toe te spitsen op onderzoek ten behoeve van drie grote uitdagingen waar de samenleving voor staat:

- *Duurzaamheid*, zoals verminderd materiaal- en energiegebruik en elektrificatie van grote chemische productieprocessen,

- *Energietransitie*, zoals nieuwe materialen en andere innovaties met het oog op grootschalige en efficiënte energieconversie en -opslag, en
- *Gezondheid en zorg*, zoals de ontwikkeling van multifunctionele biomaterialen en innovatieve instrumentatie voor biomedisch onderzoek tot op cel-niveau.

Deze drie uitdagingen sluiten bij uitstek aan op de disciplinaire breedte en excellentie van onze faculteit, waaronder sterke combinaties van fundamenteel en toepassingsgericht onderzoek.

De expliciete focus op deze drie uitdagingen zal bijdragen aan de externe profilering van de faculteit, ook internationaal. Dat zal helpen bij het aantrekken van onderzoekfondsen en (internationaal) wetenschap-

pelijk talent. Een werkgroep zal de komende jaren ideeën uitwerken om (multidisciplinair) onderzoek, competenties, expertises en faciliteiten van de faculteit vanuit het perspectief van de maatschappelijke uitdagingen internationaal meer te profileren.

Vitale basisdisciplines

De maatschappelijke uitdagingen waarop we ons richten zijn complex en vragen om grensverleggend, multi- en interdisciplinair onderzoek. Een steeds groter deel van het onderzoek bevindt zich daarom in grensgebieden tussen afzonderlijke basisdisciplines en kennisdomeinen.



Deze ontwikkeling brengt het risico mee dat onvoldoende ademruimte overblijft voor de basisdisciplines zelf, ook al funderen ze onderzoek op vele terreinen. Omdat onderzoek sterk verweven is met onderwijs, strekt dat risico zich ook uit tot de basisopleiding van studenten.

De faculteit vindt vitale basisdisciplines en een gezond evenwicht met domein-overstijgend multi- en interdisciplinair onderzoek belangrijk. Dit belang weegt mee in de prioritering van specifieke onderzoekslijnen en -projecten. De komende jaren werkt de faculteit aan een strategie om behoud van de vitaliteit van de basisdisciplines en een gezond evenwicht ook voor de lange termijn te garanderen.

Grote onderzoekprogramma's

De focus op grote maatschappelijke uitdagingen leidt onderzoekfinanciers tot het bevorderen van grote samenhangende onderzoekprogramma's (van €5 miljoen of meer). Vaak wordt daarvoor gezocht naar nationale of internationale consortia met meerdere publieke kennisinstellingen en private bedrijven of organisaties.

De faculteit wil de komende jaren deelname in zulke programma's verder versterken, ook door ze zelf te initiëren en te coördineren. Onze focus op drie maatschappelijke uitdagingen zal daarbij helpen. Doel is ook om per stafonderzoeker gemiddeld drie promovendi extern te financieren.

Het werven van financiering via grote programma's, met professionele ondersteuning van penvoerders, zal de zichtbaarheid, de impact en het internationale netwerk van de faculteit vergroten.

State-of-the-art onderzoekinfrastructuur

Voor excellent onderzoek zijn goede experimentele labs, faciliteiten en lab-technici essentieel. We zijn trots op onze bestaande infrastructuur, die sterk bijdraagt aan onze kracht en identiteit. De labs en faciliteiten dragen vaak bij aan uiteenlopende onderzoeksrichtingen.

De afgelopen jaren is geïnvesteerd in een cavitatietunnel voor onderzoek aan instabiele stromingen, en in laboratoria voor scheepshydrodynamica, robotica & intelligente voertuigen, en 3D-micro-nano-karakterisering.

De faculteit heeft als ambitie om met de al aanwezige en nieuwe hoogwaardige infrastructuur voorop te blijven lopen. De komende jaren zullen we, passend bij de beoogde matrix van basisdisciplines en maatschappelijke uitdagingen, daarom blijven investeren in het actualiseren en uitbreiden van state-of-the-art onderzoekinfrastructuur.

Op de planning staan in elk geval:

- *Micro-nanofabrication (MNF) lab*: Apparatuur voor additieve en subtractieve productie, en instrumenten voor karakterisatie van producten en materialen;
- *Magnetic resonance imaging (MRI) facility*: Meetfaciliteit voor het doorgronden van niet-doorzichtige stromingen;
- *Biofluids lab*: Faciliteit voor het bestuderen van de voortstuwing van kleine organismen en hierop gebaseerde technologie;
- *Bio-optomechatronics facility*: Faciliteit met microscopie/laserlab/microCT voor bio-optische en biomechanische experimenten en ontwerpen tot op single/few-cell-niveau waaronder organ-on-chip in samenwerking met het HPTC;
- *Robot lab, Drone zone*: Voertuigsimulator op 3D-motion platform, twee autonome voertuigen en een voertuig-voetganger-simulator; grote, hoge ruimtes voor onderzoek naar drones en robotarmen; labs voor onderzoek naar soft robots, telerobotica, rehab-robots, eye-trackers, haptics en robots voor verkenning- en reddingsoperaties;
- *Windshape lab*: Faciliteit voor validatie van nieuwe regel- en operationele strategieën van (drijvende) windturbines en -parken, met o.a. een 'windshaper', een raster van honderden kleine ventilatoren, waarmee reproduceerbare, in de tijd variërende windvelden worden gegenereerd waarin de aero-elastische respons van geschaalde experimentele windturbines en kleine windturbineparken kan worden bestudeerd.

4

MENSEN EN GEMEENSCHAP

Om succesvol en plezierig te werken in een grote en complexe organisatie als onze faculteit is aandacht voor de werkprocessen en de cultuur van belang. Wat is nodig om medewerkers in staat te stellen hun talenten optimaal en waar mogelijk flexibel te ontplooien, hoe willen we samenwerken, wat zijn onze waarden. We erkennen onze rol in de samenleving en willen vorm en inhoud geven aan onze wetenschappelijke verantwoordelijkheid en de verbondenheid met de samenleving.

4.1 Onze waarden

De waarden van de TU-Delft worden samengevat onder het acroniem 'DIRECT': Diversity, Integrity, Respect, Engagement, Courage, Trust. Die waarden zijn ook leidend voor de faculteit en het functioneren van een faculteitsgemeenschap van studenten en medewerkers. Op het niveau van de faculteit kunnen wij aan de waarden meer concrete inhoud geven.

Diversity

De faculteit ziet 'diversiteit' niet als een mode-woord maar als een waarde die direct invloed heeft op de kwaliteit van ons onderwijs, ons onderzoek en ons functioneren als facultaire gemeenschap. Hoe meer we als teams en als faculteit de volle breedte van de samenleving reflecteren, des te meer talenten, benaderingen en inzichten we kunnen samenvoegen tot een breed palet van onderwijs- en onderzoeksactiviteiten en -processen, en des te gemakkelijker we als facultaire gemeenschap ook open, respectvol en productief met elkaar kunnen omgaan.

Op dit moment vormt de faculteit nog niet overal een goede afspiegeling van de Nederlandse samenleving als geheel. Sommige groepen, zoals bijvoorbeeld eerste-generatie studenten, zijn binnen onze gemeenschap ondervertegenwoordigd, en ook in managementlagen van de faculteit is diversiteit (bijvoorbeeld wat betreft gender) op dit moment nog beperkt.

De afgelopen jaren maakte de faculteit al wel belangrijke vorderingen in haar streven naar een evenwichtiger genderverdeling binnen het medewerkersbestand. Dankzij gerichte aandacht bij talentwerving, selectie en aanstelling van nieuwe tenure trackers en het stellen van concrete doelen groeide het aandeel van vrouwen in ons bestand van universitair docenten tussen 2018 tot 2021 van 13% tot 33%.

De komende jaren zullen we ook op het gebied van diversiteit in brede zin (naast gender bijvoorbeeld ook afkomst en culturele achtergrond en uiteenlopende fysieke en mentale beperkingen) nieuwe uitdagingen aangaan.

We gaan proberen met onze studentenwerving bredere groepen aspirant-studenten te bereiken en aan te trekken. Dat kan bijvoorbeeld door contacten op te bouwen met meer of andere instellingen voor voortgezet onderwijs in de regio en door grotere diversiteit in de docenten en onderzoekers die we bij die werving inzetten als rolmodellen.

Maar we willen óók nadenken over de vraag hoe we een meer diverse populatie van studenten en medewerkers, eenmaal toegetreden tot de faculteit, een inclusieve leer- en werkomgeving kunnen bieden. Voelt iedereen zich altijd optimaal thuis, gewaardeerd en in de facultaire cultuur opgenomen? Kunnen onderwijs, gebouwen of andere elementen in de facultaire cultuur onbedoeld en ongemerkt drempels vormen? Hoe halen we het beste uit combinaties van uiteenlopende soorten mensen, ook als het bijvoorbeeld gaat om intro- en extroverte karakters?

Zicht krijgen op blinde vlekken in eigen huis is voor elke organisatie lastig. Met inbreng van buiten willen we de komende jaren allereerst onze sterktes en zwaktes rond diversiteit in kaart brengen. We gaan in gesprek over onbewuste en onbedoelde scheidslijnen, drempels en plafonds die studenten of medewerkers kunnen ervaren en tot onbedoelde uitval kunnen leiden. Op basis hiervan, en aansluitend bij activiteiten en ambities op het gebied van diversiteit van de universiteit als geheel, zullen we aandachtspunten identificeren, doelen stellen en tot een plan van aanpak komen. Bij zo'n plan zouden ook studieverenigingen kunnen worden betrokken.

Een eerste stap is gezet door de benoeming van een facultaire diversity officer, die rappor-

teert aan de decaan en het managementteam en wiens werk de aandacht voor diversiteit in de organisatie zal verbreden en verankeren.

De positieve ontwikkeling in de genderverhouding bij tenure trackers geeft vertrouwen dat ook in bredere zin de komende jaren nieuwe effectieve stappen kunnen worden gezet.

Integrity, Respect, Trust

De faculteit kan zich algemeen gesproken verheugen in een prettige, informele, productieve en weinig hiërarchische cultuur waarin veel ruimte bestaat voor samenwerking en open gesprek. Dat is ook waar we altijd naar streven.

Dat neemt niet weg dat medewerker-surveys (Medmon) soms ook situaties signaleren waarin de onderlinge omgang en sfeer minder open wordt en meer wordt bepaald door formele verhoudingen. De komende jaren blijven we ernaar streven om de sociale veiligheid op de faculteit te bewaken en incidenteel voorkomende gevallen van ongewenste onderlinge omgangsvormen tijdig te herkennen en te corrigeren.

Engagement

De faculteit wil zijn engagement de komende jaren onder meer versterken door onderwijs en onderzoek meer expliciet te verbinden aan grote en actuele maatschappelijke uitdagingen, meer specifiek op de thema's duurzaamheid, energietransitie en gezondheid en zorg. Deze ambitie wordt uitgewerkt onder 4.3.

4.2 Onze studenten en medewerkers

De faculteit wil studenten en medewerkers in staat stellen hun talenten optimaal en waar mogelijk flexibel te ontplooiën, en een goede work-life balans te bewaren, onder meer door de werkdruk beheersbaar te houden.

Duurzame loopbaanontwikkeling

De komende jaren zal de faculteit werken aan meer duurzame loopbaanontwikkeling en inzetbaarheid door middel van grotere flexibiliteit en diversiteit in competentie-ontwikkeling en carrièrepaden. Speerpunten daarbij zijn:

- De komende jaren zal extra aandacht besteed worden aan duurzame inzetbaarheid, loopbaanontwikkeling en interne of externe doorgroeimogelijkheden van stafleden met ondersteunende taken zoals secretaresses en technici, onder meer door verankering in R&O-gesprekken. Aandacht voor afdelings-overstijgende community-vorming specifiek voor ondersteunende stafleden hoort daarbij.
- Binnen de kaders van het algemene doel om onderwijs en onderzoek nauw verbonden te houden, moeten stafleden behalve in onderzoek ook kunnen excelleren en specialiseren in onderwijs, valorisatie, management enzovoort. Jonge talenten met bijzondere aandacht voor onderwijs zullen worden gedetecteerd en ondersteund in hun didactische ontwikkeling, te concretiseren in bijvoorbeeld een op onderwijs toegespitst tenure track-plan. Jonge we-



tenschappers ervaring laten opdoen met bestuurlijke taken (inclusief HR en financiën) verbreedt hun basis en investeert in toekomstig leiderschap van de faculteit zelf.

Wetenschappelijke staf moet behalve voor aantallen onderzoekpublicaties ook waardering krijgen voor prestaties op het gebied van kwaliteit, wetenschappelijke integriteit, creativiteit, externe communicatie, bijdragen aan teams, samenwerkingsprojecten en/of maatschappij, en erkenning voor individuele onderzoeksdomeinen en loopbaanprofielen. Een wetenschappelijke loopbaan waarin meer accent op onderwijs ligt is bijvoorbeeld denkbaar. Dat alles aansluitend bij landelijk beleid op het gebied van het breed 'erkennen en waarderen' van prestaties en in lijn met de ontwikkeling/herijking van het bredere universitair functie-orderingsysteem (UFO).

- Diversificatie van loopbanen kan ook zichtbaar gemaakt worden waar het gaat om verschillende onderzoeksprofielen (van curiosity-driven tot application-driven). Horizontale loopbanen en 'ontwikkeling in de breedte' zullen worden gestimuleerd, en

aandacht zal worden geschonken aan motivatie en ontwikkeling van medewerkers in latere fasen van hun carrière. Goede, bij TU-brede initiatieven aansluitende systematieken kunnen daarvoor worden uitgewerkt.

- Versterken van de ondersteuning van tenure trackers met hulp van mentoren en communities.

Werkdruk beheersbaar houden

De door medewerkers ervaren werkdruk blijft nadrukkelijk op de agenda, zowel wat betreft de facultaire werkprocessen als de facultaire cultuur.

In het onderwijs ging afgelopen jaren de snelle groei van het aantal studenten gepaard met een toenemende omvang van de staf.

- Verlaging van de student/staf-ratio blijft het streven, onder meer door voldoende vacatures te begroten en in te vullen;

- Onze junior-docenten hebben de optie om, naast hun ondersteunende werk in ons eigen onderwijs, een opleiding te volgen tot docent in het voortgezet onderwijs. Deze mogelijkheid wordt door junior-do-



centen en onderwijsstaf zeer gewaardeerd. Deze mogelijkheid zal dus worden voorgezet;

- Om de werkdruk in alle onderdelen van de faculteit binnen acceptabele grenzen te houden, is het een expliciet en vast onderdeel van de R&O-gesprekken. Algemeen gesproken wordt het delen van al aanwezige kennis en het prioriteren en waar nodig temporiseren van nieuwe acties gestimuleerd. Waar nieuwe taken worden gedefinieerd, moeten tegelijk oude taken verdwijnen. Taken moeten bovendien worden belegd bij de juiste medewerkers. Van leidinggevendenden verwachten we dat ze in dit alles het goede voorbeeld geven.

4.3 Onze rol in de samenleving

De samenleving verwacht veel van de wetenschap: doorbraken vinden in kennis en technologie, bijdragen aan welvaart en welzijn, en jonge mensen opleiden. De faculteit is zich zeer bewust van deze verantwoordelijkheid en haar verbondenheid met de samenleving. Dat weerspiegelt zich onder meer in de keus om zich expliciet dan voorheen te richten op drie maatschappelijke uitdagingen: duurzaamheid, energietransitie en gezondheid en zorg.

Studenten en onderwijs

Door goede en betrokken ingenieurs op te leiden, die actief bijdragen aan de transitie naar een duurzame samenleving, heeft de faculteit grote impact op de maatschappij. De komende jaren zullen kennis en vaardigheden op het terrein van duurzaamheid een vaste plek krijgen in het bachelor- en masteronderwijs. Om de verantwoordelijke en coöperatieve ingenieur van de toekomst op te leiden, zal zelfreflectie worden geïntegreerd in het onderwijsprogramma via de reflectieve engineer-component. Bij masteropleidingen met een traditionele focus op 'oude industrie' zal de balans verder opschuiven naar duurzaamheid, maatschappelijke relevantie en verantwoorde innovatie met een nadruk op reflectieve engineering. De faculteit denkt na over de introductie van nieuwe thematische minoren zoals bijvoorbeeld hergebruik van materialen en eco-vervoer over water.

Op de faculteit zien we dagelijks hoe een nieuwe generatie studenten zich sterk betrokken voelt bij de grote maatschappelijke vraagstukken. De faculteit stelt zich open op ten aanzien van studenten-initiatieven om onderwijs te koppelen aan duurzaamheid.

Onderzoekers en onderzoek

Een groot deel van ons onderzoek beweegt zich de laatste jaren al sterk in de richting van belangrijke maatschappelijke thema's. De gekozen focus op drie maatschappelijke uitdagingen (duurzaamheid, energietransitie en gezondheid en zorg) zal de maatschappelijke relevantie van ons onderzoek op deze gebieden de komende jaren beter en vaker voor het voetlicht brengen. Het zal onze onderzoekers ook helpen hun wetenschappelijke excellentie uit te breiden in de richting van het formuleren en uitdragen van de betekenis van dat onderzoek voor de samenleving.

Outreach

Onze impact op de samenleving kan worden vergroot door een scala aan activiteiten. Voorbeelden zijn advisering van overheden, bedrijven en andere organisaties op onze specifieke expertisegebieden, deelname aan het publieke debat, of gastdocentschappen op scholen voor lager, voortgezet en beroepsonderwijs. Maatschappelijke uitdagingen, zoals de Covid-19 pandemie, klimaatverandering en de dagelijkse stortvloed aan (mis)informatie tonen het belang van heldere, betrouwbare en effectieve wetenschapscommunicatie. Steviger worteling in de samenleving komt ook de faculteit zelf ten goede: nieuwe trends, ontwikkelingen en gevoeligheden zullen eerder worden gesignaleerd, zodat er ook eerder en beter op kan worden ingespeeld.

Outreach-activiteiten brengen onderzoekers vaker in contact met collega's elders, media, beleidsmakers en/of politici, wat leidt tot grotere netwerken. Communicatie in de richting van een breder publiek, bondig en aansprekend uitleggen wat onderzoek inhoudt, vraagt van onderzoekers om buiten de gebaande paden te denken en creatief te zijn. Veel onderzoekers ervaren dit als leerzaam en bevredigend.

De faculteit stimuleert wetenschappers om onderzoek in een bredere maatschappelijke context te plaatsen en kennis uit te dragen naar verschillende publieksgroepen. Prestaties van medewerkers op het gebied van outreach kunnen in toenemende mate ook formeel worden gewaardeerd dankzij beleid rond 'erkennen en waarderen' en het universitair functie-orderingsstelsel (zie ook 4.2).

Het communicatieteam van de faculteit creëert en onderhoudt externe communicatiekanalen en stimuleert, adviseert en ondersteunt onderzoekers en onderzoeksgroepen in hun outreach.

5

HUISVESTING

De TU Delft is een on-campus-universiteit. Dat geldt zeker ook voor onze faculteit, waar theoretisch en experimenteel werk hand in hand gaan. Veel van het experimentele onderzoek is gebonden aan ons monumentale gebouw, dat ruimte biedt aan unieke en onmisbare state-of-the-art laboratoria en onderzoeksfaciliteiten. Ook voor ons onderwijs vervult het gebouw vitale functies. Het ontwerponderwijs vindt goeddeels plaats aan projecttafels en maakt gebruik van werkplaatsfaciliteiten. De aanwezigheid van de studenten in het gebouw is ook van groot belang voor hun natuurlijke academische vorming en binding met het onderzoek.

De groei van het aantal studenten, medewerkers en nieuwe laboratoria heeft het beslag op het bestaande gebouw van de faculteit flink vergroot. Met creatieve oplossingen is het aantal vierkante meters inmiddels flink opgerekt, maar het is duidelijk dat de komende jaren dringend maatregelen nodig zijn. Daarbij willen we zo veel mogelijk aansluiten bij de binnen de TU Delft gebruikelijke huisvestingsnormen voor studenten en medewerkers, maar tegelijk constateren we dat dit op korte termijn niet altijd haalbaar zal zijn.

Door de monumentale status van het gebouw is uitbreiding door verbouwing niet zonder meer mogelijk. Nieuwe (bij)bouw kan wel een oplossing zijn, maar valt buiten de tijdhorizon van dit Meerjarenplan.

Voor de korte termijn moeten dus andere oplossingen worden gevonden. Daar gaan we in de komende periode campusbreed en in samenwerking binnen de TU Delft naar op zoek.

Oplossingsrichtingen vallen uiteen in drie categorieën: Studenten en onderwijs, onderzoek en ondersteuning, en laboratoria.

In elk van deze categorieën worden afwegingen gemaakt over welke activiteiten gebouwgebonden zijn en welke ook elders, op de campus of thuis, verricht kunnen worden met gelijkblijvende of toenemende kwaliteit. Bij het zoeken naar oplossingen maken we gebruik van lessen die tijdens de Covid-19 pandemie zijn geleerd over de mogelijkheden en beperkingen van thuisstudie en thuiswerk. De beschikbare ruimte en onderzoeksfaciliteiten moeten efficiënter worden benut en waar mogelijk gedeeld of heringedeeld. Hierbij speelt ook de ambitie mee om samenwerking en kruisbestuiving tussen afdelingen en disciplines te bevorderen.

a. Studenten en onderwijs

Voor studiesucces van onze studenten is een binding met de opleiding en het gebouw belangrijk. Gezien de beperkte ruimte in het gebouw kunnen niet alle studenten gelijktijdig gebruik maken van alle voorzieningen in het gebouw. Helaas zijn we genoodzaakt hierin keuzes te maken. Voor de eerstejaars studenten is aanwezigheid in het gebouw cruciaal voor de binding met het vak, met de docenten en met elkaar. Dankzij deze sterke binding opgebouwd in het eerste jaar, zijn tweede- en derdejaars bachelor-studenten en niet-internationale eerstejaars masterstudenten voor hun studiesucces minder aan het gebouw gebonden. De campus biedt hun ook andere ruimten en faciliteiten voor zelfstudie, samenwerking, hoor- en instructiecolleges.

Het laatste jaar van de studie staat in het teken van het afstudeerproject, dat vaak aansluit bij onderzoeksprojecten waarin intensief wordt samengewerkt met promovendi en onderzoekers en vaak gezamenlijk gebruik wordt gemaakt van experimentele opstellingen. Dat maakt het belangrijk afstudeerders en promovendi binnen de muren van de faculteit onder te brengen, bij voorkeur binnen een afdeling en dicht op het onderzoek.

Studenten en docenten hebben tijdens de pandemie nieuwe afwegingen leren maken over online-onderwijs en/of onderwijs op de campus. Kennisoverdracht bleek goed mogelijk op afstand, terwijl voor overdracht van andere academische competenties en transferable skills aanwezigheid in het gebouw van groot belang bleek.



Gezien de verwachte grote ruimteschaarste moeten we de komende jaren kritisch kijken naar het gebruik van ruimte voor onderwijs aan de hand van enkele overwegingen:

- Bij pure kennisoverdracht kunnen hybride onderwijsvormen worden gebruikt;
- Academische vorming en transferable skills vinden bij voorkeur plaats in het gebouw;
- Zelfstudieplekken voor tweede- en derdejaars bachelor-studenten en eerstejaars masterstudenten, en kleinschalig instructie-onderwijs, kunnen elders op de campus worden ondergebracht, bij voorkeur niet te ver van ons gebouw verwijderd;
- In het gebouw van de faculteit krijgen groepsgebonden onderwijsvormen zoals projectonderwijs en gespecialiseerd onderwijs prioriteit;
- Masterstudenten willen we met behulp van flexibele werkplekken plaats bieden binnen de afdelingen waar ze afstuderen.

b. Werkplekken voor onderzoek en ondersteuning

Binnen de beschikbare ruimte willen we optimaal voorzien in de behoeften aan concentratie, thuisgevoel, samenwerking, werkplezier, kruisbestuiving en academische vorming van alle medewerkers. In 2018 signaleerde de faculteit in een Huisvestingsvisie dat de groei van het aantal stafleden leidt tot een tekort aan (bureau)werkplekken. De Covid-19-pandemie en de bijbehorende lockdowns gaven tijdelijk respijt en leerde ook dat er, mede dankzij technologie, meer mogelijkheden bestaan voor thuiswerken en flexibele kantoor tijden. Tegelijkertijd is het belang van fysieke

aanwezigheid voor bijeenkomsten met intensief overleg over ingewikkelde technische en organisatorische zaken en spontane interactie nog duidelijker gebleven.

Dit alles geeft ons de kans opnieuw na te denken over werkritmen en de rol van individuele en gedeelde werkplekken, en ruimten voor overleg. Daarvoor staat een aantal punten op de agenda:

- Werkplekken op de faculteit moeten als prettig blijven worden ervaren.
- Meer kamers zullen vaker moeten worden gedeeld. In tijden van grote schaarste is het helaas niet langer houdbaar om voor elke UHD een persoonlijke kamer te reserveren. Faculteit-breed wordt de norm dat UD's en UHD's een kamer delen met een collega-UD of -UHD.
- Flexwerken wordt, ook in hybride werken, niet de norm. Wel komt er ruimte voor maatwerk: collega's die frequenter willen thuiswerken, en wier taken dat toelaten, kunnen dat binnen bepaalde kaders doen. We onderzoeken hoe dit ruimte kan opleveren.
- De vraag naar overlegplekken is groter dan het aanbod. De faculteit gaat stimuleren dat hoogleraren de bespreektafel op hun persoonlijke kamer in hun afwezigheid beschikbaar maken voor overleg van collega's. Een reserveringssysteem zal dit kunnen faciliteren.
- De faculteit wil investeren in speciale ruimten gericht op hybride en online werken zoals belcellen, plekken voor video-overleg en kleine conferentiekamers voor deelname aan seminars, conferenties e.d.
- Voor veel promovendi en postdocs is een vaste kamer belangrijker dan een vast bureau. Als een groep

medewerkers gemiddeld een dag per week thuiswerkt, kan worden gekozen voor een model waarin zij op een vaste kamer flexplekken delen. Ook een model met meer bureaus dan de maximale persoonsbezetting met bijbehorend wisselschema voor de aanwezigheid wordt onderzocht.

c. Laboratoria

Onze laboratoria, met unieke en state-of-the-art onderzoeksfaciliteiten, vormen een integraal onderdeel van ons primaire proces en zijn onlosmakelijk verbonden met het gebouw. In onze laboratoria ontstaan baanbrekende innovaties, met onze faciliteiten onderscheiden we ons en trekken we talent aan.

We investeren de komende jaren significant in nieuwe apparatuur en faciliteiten die de nieuwste ontwikkelingen in de werktuigbouwkunde mogelijk maken. Hieronder vallen de herhuisvestingsprojecten in de hallen F en J, investeringen in het kader van het Sectorplan Techniek en de bouw van een extra, gedeeld Bio-optomechatronicalab (zie ook hoofdstuk 3: Onderzoek en innovatie.)

Ook de laboratoria ontkomen niet aan de herindeling van de schaarse beschikbare ruimte. De afgelopen jaren zijn we hiermee al begonnen. De vorming van de nieuwe afdeling Cognitive Robotics was aanleiding voor een grootscheepse interne verhuizing inclusief het verplaatsen en herindelen van laboratoria, die bijna alle afdelingen al heeft geraakt.

Ook op dit vlak zullen we nog meer keuzes moeten maken en op zoek moeten naar slimme oplossingen die voorkomen dat we hoeven in te leveren op kwaliteit.

- In veel laboratoria wordt een deel van de ruimte in beslag genomen door opstellingen of apparatuur die in de praktijk niet meer wordt gebruikt. Een opruiming of opslag in minder hoogwaardige ruimten kan de hoogwaardige ruimten vrijmaken voor nieuwe opstellingen en apparatuur.
- Een deel van de kelderruimtes kan als laboratoria worden ingericht.
- Diverse laboratoria zouden efficiënter kunnen worden gebruikt als ze worden gedeeld door meerdere afdelingen. Dat kan als bijkomend voordeel hebben dat nieuwe kruisbestuivingen spontaner en sneller ontstaan.



COLOFON

Uitgave

Februari 2022, het Meerjarenplan is een uitgave van de Faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek en Technische Materiaalwetenschappen, TU Delft

Tekst

Het Management Team van de faculteit in samenwerking met collega's, studenten en medezeggenschap

Eindredactie

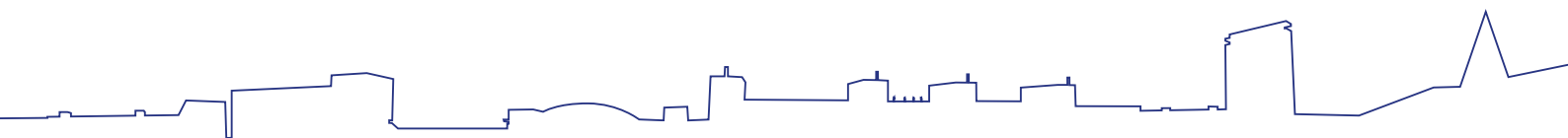
Peter J. Vermij en Céline Bovy

Vormgeving

Paul van Elk

Fotografie

- P. 2 De leden van het Management Team van de Faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek en Technische Materiaalwetenschappen, december 2021
- P. 5 Wandelpad in de groene zone van de TU Delft campus met op de achtergrond het gebouw van de faculteit
- P. 7 Prof.dr.ir. Just Herder geeft hybride college, foto Sam Rentmeester
- P. 9 Ph.D student met UR5 en tactile sensor, foto Sam Rentmeester
- P.10 Airlift Kristallisatie, foto Eric Fecken
- P.13 Cover van de vrouwenkalender "She's an Engineer 2021", van de commissie Vrouwen in Techniek van de studievereniging Gezelschap Leeghwater.
- P.14 Luchtfoto van de Faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek en Technische Materiaalwetenschappen
- P.17 Gedeelde werkkamer van PhD's en postdocs van de sectie Intelligent Vehicles
- P.18 Onderzoek autonoom varen in de sleeptank, foto Eric Fecken





Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek
& Technische Materiaalwetenschappen

Mekelweg 2

2628 CD Delft

+31 (0)15 27 89809

communication-3mE@tudelft.nl

www.tudelft.nl/3mE