

## **Die opleiding van Suid-Afrika se toekomstige wetenskaplikes begin in die voorgraadse laboratorium**

**Karin Jacobs en Hanelie Adendorff\***

Van die vind van volhoubare maniere om voedsel te verbou en die versekering van skoon waterbronne, tot die verbetering van gesondheidsorg en die aanpak van voedselonsekerheid, sal baie van Suid-Afrika se grootste uitdagings vars wetenskaplike denke vereis. Hierdie kwessies is nie uniek aan Suid-Afrika nie – dit is deel van 'n wêreldwye strewe na volhoubare ontwikkeling – maar die oplossings sal deur plaaslike kennis, plaaslike innovasie en plaaslike talent gevorm moet word. Dit beteken daar moet nie net in tegnologie en navorsingsinfrastruktuur belê word nie, maar in mense.

Suid-Afrika het wetenskaplikes nodig wat krities kan dink, waagmoedige vrae kan vra en komplekse probleme kreatief kan oplos. En hoewel baie mense dink wetenskaplike deurbrake vind in gevorderde navorsingslaboratoriums plaas, begin die reis om daardie soort wetenskaplike te word baie vroeër: in voorgraadse klaskamers.

Regoor die land skryf al hoe meer studente vir programme in wetenskap, tegnologie, ingenieurswese en wiskunde in. Hoewel dit bemoedigend is, plaas dit aansienlike druk op reeds oorbelaste universiteitshulpbronne. Groter klasse, knapper begrotings en volgepropte kurrikulums laat dikwels min ruimte vir die soort praktiese, verkennende leer wat opregte wetenskaplike nuuskierigheid prikkel.

Studente ervaar praktiese laboratoriumwerk veels te dikwels as 'n proses van die volg van instruksies eerder as om vrae te vra. Hulle voltooi noukeurig uitgewerkte proefnemings wat ontwerp is om voorspelbare resultate te lewer, met min geleentheid om onafhanklik te dink of die onsekerheid te ervaar wat die kern van werklike wetenskaplike ontdekking vorm. By die Universiteit Stellenbosch (US) wys een mikrobiologiesekursus egter dat daar 'n ander manier is, deur aan studente die geleentheid te bied om te ondervind hoe dit voel om 'n wetenskaplike te wees. Terwyl Suid-Afrika op 16 Junie Jeugdag vier, wil ons graag uitwys waarom dit belangrik is.

### **Meer as die blote volg van die resep**

Tradisionele laboratoriumpraktyke is waardevol. Dit dra noodsaaklike tegniese vaardighede oor, versterk teoretiese konsepte en help studente om met wetenskaplike metodes vertrouwd te raak. Maar dit herinner dikwels aan 'n resepteboek. Studente ontvang 'n stel instruksies, volg elke stap noukeurig en word beoordeel op grond van of hulle die verwagte uitkoms bereik. Werklike wetenskap is selde so netjies.

Navorsing is vol onsekerhede. Proefnemings misluk. Onverwagte resultate dwing navorsers om hulle aannames te heroorweeg. Vordering hang dikwels van volharding, aanpasbaarheid en kreatiewe probleemoplossing af. Dit is nie frustrasies wat vermy moet word nie – dit is sentraal tot hoe wetenskap werk.

Oor die wêreld heen het universiteite dit besef en bied toenemend Voorgraadse Navorsingservarings aan, waarin studente direk in navorsingsomgewings werk. Hierdie programme is kragtige leergeleenthede. Studente voltooi dit dikwels met groter selfvertroue, sterker tegniese vaardighede, professionele netwerke en 'n duideliker idee of hulle verdere navorsing wil doen. Ongelukkig is hierdie ervarings dikwels hoogs mededingend en hulpbronintensief. Dit behels noue een-tot-een-

mentorskap en 'n aansienlike belegging van tyd en laboratoriumhulpbronne, wat dit moeilik maak om aan groot getalle studente te bied.

'n Ander model – bekend as Kursusgebaseerde Voorgraadse Navorsingservarings – bring outentieke navorsing direk in die kurrikulum in. Eerder as om navorsingsgeleenthede aan slegs 'n uitgesoekte groepie te bied, word dit aan hele klasse beskikbaar gestel. Die module in Mikrobiëse Ekologie is 'n kragtige voorbeeld van hoe dit kan werk, selfs in groot voorgraadse groepe.

### **Regte wetenskap, regte verantwoordelikheid**

Elke jaar skryf tussen 80 en 120 senior voorgraadse studente vir die 13-weke-kursus in Mikrobiëse Ekologie (Figuur 1) in. Hulle word van die begin af nie bloot as studente hanteer wat 'n praktiese vereiste voltooi nie, maar as opkomende navorsers. Hulle stig hulle eie spanne, ontwikkel oorspronklike navorsingsvrae, ontwerp eksperimente, bestuur hulpbronne, ontleed data en bied hulle bevindings aan. Studente word aangemoedig om projekte te ontwerp wat met hulle geleefde ervarings verband hou. Byvoorbeeld, die ondersoek na die antimikrobiëse eienskappe van inheemse plante, die uitwerking van voer op hulle eie troeteldiere/lewendes en selfs die besmetting van grimeerprodukte oor tyd. Afgesien van breë leiding en ondersteuning, is daar geen rigiede laboratoriumhandleiding wat presies vir hulle sê wat om te doen nie. Daar is geen gewaarborgde resultate nie.

Studente beland eerder in dieselfde onsekerheid wat professionele wetenskaplikes elke dag navigeer. Daardie onafhanklikheid strek verder as die ontwerp van proefnemings. Eerder as om tot streng geskeduleerde praktiese sessies beperk te wees, onderhandel studente oor laboratoriumtoegang en bestee hulle dikwels bykomende ure om metodes te verfyn, probleme op te los en data te interpreteer. Hierdie buigsaamheid verander die dinamika geheel en al. Studente probeer nie meer net om 'n werkopdrag in 'n voorafbepaalde tydgleuf te voltooi nie. Hulle ondersoek vrae waarby hulle werklik 'n belang het en werk in die laboratorium op tye wat vir hulle sin maak. En daardie gevoel van eienaarskap verander die manier waarop hulle leer.

### **Waarom keuse saak maak**

Die kursus is rondom 'n eenvoudige maar kragtige opvoedkundige beginsel gebou: Mense leer die beste wanneer hulle vertrou, bekwaam en met mekaar verbind voel. Hierdie idee is sentraal tot selfbeskikkingsteorie, 'n raamwerk wat algemeen gebruik word om motivering te verstaan. Volgens die teorie hang diepgaande betrokkenheid van drie dinge af: outonomie, vaardigheid en verbondenheid. Studente het die vryheid nodig om betekenisvolle keuses te maak. Hulle het geleenthede nodig om bemeestering deur uitdaging op te bou. En hulle moet voel hulle is deel van 'n ondersteunende gemeenskap. Hierdie module skep al drie.

Studente besluit wat hulle wil ondersoek en hoe hulle dit gaan benader. Hulle bou selfvertroue deur probleme op te los en hulle metodes deur die proses van probeer en tref te verfyn. En hulle werk regdeur die semester nou saam met eweknieë, nagraadse mentors en akademiese personeel. Die eindproduk is 'n merkbare verskuiwing in motivering. In plaas daarvan om bloot vir punte te werk, raak studente werklik geïnvesteer in hulle projekte. Hulle druk dinge verder, vra dieper vrae en raak meer ten volle betrokke omdat die werk betekenisvol voel. Daardie soort motivering kan nie deur assessering alleen kunsmatig geskep word nie.

### **Mentorskap wat op skaal werk**

Wat hierdie benadering besonder waardevol maak, is dat dit nie op groot bykomende begrotings of groot strukturele veranderinge steun nie. Die kursus funksioneer binne bestaande departementele hulpbronne deur middel van noukeurige beplanning en samewerking. Akademiese personeel help studente om projekidees vroeg in die semester te verfyn. Tegniese ondersteuningspersoneel verseker dat projekte prakties en hanteerbaar is. Nagraadse studente bied weeklikse mentorskap, waardeur hulle studente deur tegniese uitdagings lei en hulle help om krities oor hulle werk te dink.

Een besonder doeltreffende kenmerk is die gebruik van “net-betyds”-onderrig. Eerder as om elke moontlike laboratoriumtegniek vooraf te onderrig, leer studente spesifieke metodes soos wat hulle projekte dit vereis. Dit hou die leerproses toepaslik en prakties. Dit weerspieël ook die manier waarop wetenskaplikes leer – deur nuwe vaardighede aan te leer wanneer hulle met nuwe vrae gekonfronteer word.

### **Om te leer om suksesvol te misluk**

Miskien is een van die waardevolste lesse wat studente leer hoe om te reageer wanneer dinge verkeerd loop – en in navorsing loop dinge altyd verkeerd. Kulture raak gekontamineer. Data maak geen sin nie. Noukeurig beplande proefnemings lewer teleurstellende resultate op. In baie tradisionele laboratoriumklasse is mislukking uit die proses uit ontwerp. In hierdie kursus word dit deel van die leerproses. Studente word aangemoedig om te ondersoek wat gebeur het, hulle benadering te heroorweeg en weer te probeer.

Dit leer hulle iets noodsaakliks: Wetenskaplike vordering gaan nie daarvoor om alles die eerste keer reg te kry nie. Dit gaan oor veerkragtigheid.

Studente identifiseer probleemoplossing, kritiese denke, samewerking en data-analise deurgaans as van die belangrikste vaardighede wat hulle gedurende die semester ontwikkel. Dit is nie net wetenskaplike vaardighede nie. Dit is lewensvaardighede – waardevol in enige beroep wat die hantering van onsekerheid en die oplossing van komplekse probleme behels.

### **Meer as ’n module**

Die semester eindig met ’n openbare plakkaatsessie waar studente hulle navorsing aan akademiese personeel, nagraadse studente, genooide kundiges en die algemene publiek aanbied. Vir baie is dit hulle eerste geleentheid om oorspronklike wetenskaplike bevindings met ’n wyer gehoor te deel, en dit is dikwels ’n keerpunt. Om by hulle werk te staan en dit aan ervare wetenskaplikes te verduidelik, gee aan studente iets wat moeilik is om in ’n lesing te onderrig: selfvertroue in hulle eie stem as opkomende professionele wetenskaplikes.

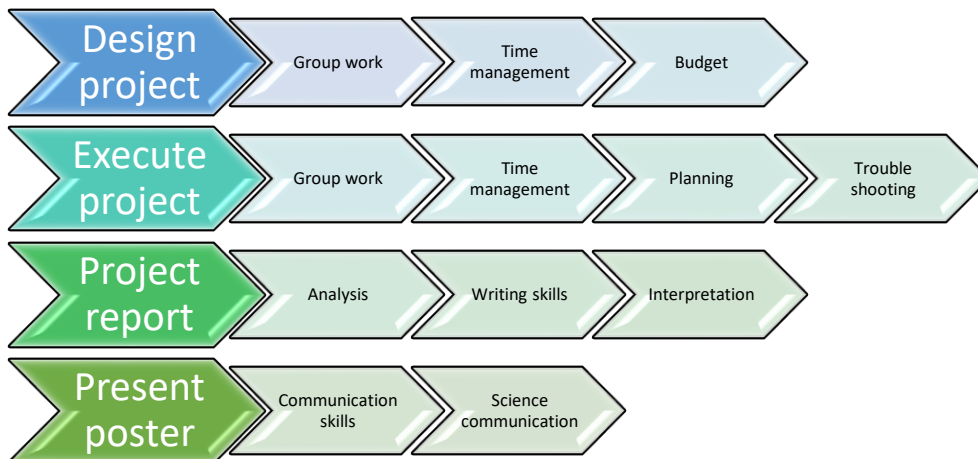
Daarbenewens stel die kursus studente bekend aan die entrepreneurskant van die wetenskap. Deur skakeling met die US se innovasie-ekostelsel ontmoet studente verteenwoordigers van afwentelmaatskappye en leer hulle hoe wetenskaplike idees verder as die laboratorium na praktiese toepassing kan beweeg. Dit help studente om wetenskap nie net as ’n akademiese strewte te sien nie, maar as ’n pad na betekenisvolle impak.

### **Medewerkers**

Suid-Afrika het gegradueerdes nodig wat meer kan doen as om bloot bestaande kennis te reproduseer. Dit het denkers, innoveerders en probleemoplossers nodig wat uitdagings kan aanpak wat nog nie duidelike antwoorde het nie. Dit vereis opvoedkundige ruimtes waar studente vertrou

word om te verken, te eksperimenteer en af en toe te misluk. Die US-model wys dat dit moontlik is – selfs in groot klasse en binne beperkte begrotings.

Die ware krag daarvan lê in die manier waarop dit verander hoe studente hulleself sien. Hulle hou op om aan wetenskap te dink as iets wat deur dosente aangebied word of in handboeke vervat is. Hulle begin hulleself as bydraers tot ontdekking sien. En vir 'n land wat sy wetenskaplike toekoms bou, is daardie verskuiwing in identiteit dalk een van die kragtigste uitkomstes wat hoër onderwys kan bied.



**Figuur 1: Uitleg van die praktiese kursus, met die vernaamste vaardigheidsontwikkeling by elke fase.**

*\*Karin Jacobs is 'n professor in die Departement Mikrobiologie en dr Hanelie Adendorff is 'n senior adviseur by die Sentrum vir Onderrig en Leer aan die Universiteit Stellenbosch. Hierdie artikel is gegrond op hulle artikel, 'Preparing South African Science Students as Innovators and Entrepreneurs', wat onlangs in Innovative Pedagogies for Entrepreneurship Education (2026) verskyn het.*