Referate

Tegnologievolwassenheid*

L. Alberts

Posbus 35705, Menlopark 0102

UITTREKSEL

Die opvatting van 'n moderne tegnologie wat vanweë sy verband met die fundamentele natuurwetenskappe nooit werklik volwasse kan word nie, word gestel. Dit sal altyd groei en ontwikkel soos wat die natuurwetenskaplike kennis toeneem.

Enkele parameters, wat 'n aanduiding gee van die tegnologie se status in 'n bepaalde gemeenskap, word in 'n aantal lande vergelyk. Dit blyk dat Suid-Afrika, ten spyte van 'n aantal internasionaal uitstaande suksesse, tog in die algemeen gesien moet word as 'n ontwikkelende land.

Nywerhede kan in drie kategorieë geplaas word, vanaf hoë tegnologiese inhoud tot lae tegnologiese inhoud. Die merietesifer word bepaal deur die navorsing en ontwikkelingskoste te vergelyk met die eventuele produksiekoste per eenheid van produk. Aangesien die Republiek oor 'n betreklike klein persentasie van hoog ontwikkelde mannekrag beskik, maar daarenteen groot hoeveelhede natuurlike hulpbronne het, is die tegnologiekeuses vir hierdie land self aangewese.

In die laaste gedeelte word 'n aantal stappe voorgestel waarlangs die RSA sy tegnologiese produksie kan vermeerder.

ABSTRACT

Maturity in technology

The concept is developed that modern technology, because of its relationship with pure science, can never really become mature, but will always grow as the pool of scientific knowledge grows.

Parameters indicating to some extent the degree of technological prowess in a society are compared for a spectrum of countries. It is clear that in spite of some internationally outstanding successes, South Africa must be regarded on average as a developing society.

Industries can be classified into three categories ranging from high technology to low technology, the figure of merit being the ratio of research and development costs to total cost of the unit product. In view of the Republic's relatively small percentage of highly skilled manpower, together with its immense natural resources, it becomes self evident on what categories of industry should be concentrated.

Finally a series of steps are proposed as to how South Africa should enhance its total technological output.

Die soeke na 'n woordeboekdefinisie vir die term *tegnologie* is 'n frustrerende oefening. 'n Leser voel egter intuïtief aan dat die term *tegnologie* 'n omskrywing is van die mens se poging om sy materiële omgewing te beheer ten gunste van sy eie voordeel op alle moontlike lewensterreine. Tot sowat twee eeue gelede was dit hoofsaaklik die resultaat van probeer en tref, en slegs vanaf die einde van die agtiende eeu het tegnologie die beplande toepassing van natuurwetenskaplike kennis geword.

Dit bring ons onmiddellik by die vraag of daar sprake kan wees van tegnologievolwassenheid per se en of 'n bepaalde gemeenskap se tegnologie volwasse geraak het. Die antwoord is 'n onomwonde nee. In soverre die tegnologie 'n produk van natuurweten-

skaplike kennis is en laasgenoemde voortdurend aan die uitbrei is, kan daar nooit 'n volgroeide stadium bereik word nie.

'n Dinamiese illustrasie van die voortdurende groei van 'n bepaalde tegnologie is die Suid-Afrikaanse mynbounywerheid. Allerweë word hierdie land beskou as die wêreldleier op byvoorbeeld die gebied van goudontginning en sou ons hier moontlik van tegnologiese volwassenheid kon praat. As ons egter enkele flitse uit die boeiende geskiedenis van ons goudontginningstegnologie neem, merk ons dat die erts gedurende die eerste aantal jare, nadat dit fyn gemaak is, met kwik behandel is om die goud te ekstraheer. Teen die einde van die vorige eeu is die metode van sianiedoplossing na Suid-Afrika ingevoer. Met hierdie tegniek word die opgeloste goud uitgefiltreer, daarna word die goud chemies neergeslaan en dan verder geraffineer. Die proses is met voortdurende verfyning vir nagenoeg tagtig jaar in die RSA toegepas. Sowat agt jaar gelede het die Raad vir Mineraletegnologie die sogenaamde koolstof-inpulp-tegniek in-

* Referaat gelewer tydens die jaarvergadering van die Suid-Afrikaanse Akademie vir Wetenskap en Kuns, 24-26 Junie 1987, Universiteit van Pretoria.

gevoer, wat 'n dramatiese verbetering op die lank gevestigde filtreertegniese beteken het. Alle nuwe aanlegte in die RSA wat oor die afgelope aantal jare gebou is, werk met die nuwe tegnologie. Intussen soek die wetenskaplikes en ingenieurs naastiglik na 'n verbetering deur die koolstof met 'n kunshars te vervang en na skatting sal hierdie nuwe benadering teen die einde van die eeu die goudtoneel domineer – en dit is sover as wat 'n mens kan waag om te voor-spel.

Die afleiding is eenvoudig. Die begrip tegnologie-volwassenheid moet eintlik vervang word met die strewe na volwassenheid waarvan die uiteinde nooit in sig sal kom nie.

Die tweede algemene karaktertrek van tegnologie is dat dit gemeenskapsgebonde is. Die geskiedenis van die tegnologie toon dat daar steeds 'n interaksie bestaan tussen die aard van 'n gemeenskap en die tegnologie wat hy voortbring. Die politiese, sosiale, ekonomiese en selfs religieuse inhoud, of gebrek daaraan, van 'n gegewe kultuur beïnvloed die norme en rigting wat die ingenieur en wetenskaplike sal aanwend. Vanselfsprekend sal die geografiese ligging en geologiese karakter van 'n land ook 'n sterk invloed uitoefen. Omgewingstemperatuur en mineraal-neerslae, om maar net twee faktore te noem, sal die gang

van tegnologiese ontwikkeling raak.

Wat die Republiek van Suid-Afrika betref, be-woon hierdie land se mense 'n gegewe deel van die planeet met sy bepaalde geografiese en geologiese geskiedenis. Wat sy bevolking betref, kan daar baie gesê word oor etnisiteit, kultuur, kleur, ens. Daar sal nog baie besin en gedoen moet word om 'n geskikte politieke model – wat die meeste inwoners op 'n bevredigende wyse sal akkommodeer – te probeer vind, maar een ding is seker: die totale bevolking het uiteindelik 'n gemeenskaplike ekonomiese toekoms en hierdie land se totale tegnologiese ontwikkeling, in al sy fasette, sal onlosmaaklik hieraan verbonde moet bly.

In die evaluering van die graad van 'n gemeenskap se tegnologie swig 'n mens maklik voor die versoe-king om in die eerste plek 'n aantal parameters van ander lande met ons s'n te vergelyk. Dit is 'n metode wat dikwels gevolg word ten einde ontwikkelende lande te evalueer, maar dit is nie veelseggend nie, ten-sy elk in eie konteks beskou word.

Ter illustrasie word die volgende getoon (die syfers is so betroubaar as die bronne uit die veskillende lande waaruit dit deur die buitelandse verteenwoor-digers van die Departement van Mineraal en Energie-sake versamel is):

	RSA	AUS- TRALIË	FRANK- RYK	DUITS- LAND	VK	VSA	BRA- SILIË
Persentasie van bevolking wat ekonomies aktief is	33	47	43	46	49	49	36
Persentasie van bevolking wat tegnies geskool is	3.1	6.5	–	13.1	–	10.8	–
Geteerde paaie (km) per 1 000 van bevolking	2.2	16.7	14.6	8.1	6.2	16.3	0.8
Spoorlyn (km) per 1 000 van bevolking	2.9	2.5	0.6	0.5	0.3	0.7	0.2
BBP in \$ VSA per kapita (wisselkoersafhanklik)	1611	9847	9251	10243	7934	16494	1613
Geïnstalleerde Elektrisiteit (MW) per 1 000 van bevolking	1	2.1	3.55	4.39	1.2	2.9	0.3
Persentasie van BBP vir n en o	0.8	1	2.1	2.5	2.3	2.7	–
Uitgawe per navorser :	ongeveer \$110 000 in die groot nywerheidslande en \$ 88 000 in die RSA (1981-syfers)						

Soos reeds genoem, moet sommige parameters versigtig benader word, bv. die syfers wat spoorlyne en paaie weerspieël, moet gelees word in samehang met die totale bevolking, verspreiding van bevolkings-digtheid, besoedelingstendense, ens. Die onvermyde-

like gevolgtrekking is egter dat die RSA, alhoewel hy 'n hoogs ontwikkelde bevolkingskomponent het, met manjifieke prestasies, soos 'n hoogs gesofistikeerde mineraalindustrie, sintetiese brandstofindustrie, uraanverryking, hartoorplantings ens., tog in die

geheel as 'n ontwikkelende land – weliswaar in die boonste lae van die sogenaamde Derde Wêreld – gesien moet word. Die verklaring van dié paradoksale situasie is voor die hand liggend en hoef geen verdere ruimte op te neem nie.

Ten einde koers te kry op die wyse en terreine waar die RSA moet strewe na tegnologiese vestiging en uitbouing, wil die skrywer graag die aandag op die volgende tabel vestig:¹

NYWERHEID	VERHOUDING :	
	n-en-o-koste	produksiekoste
HOOG		
Lugvaart		22.7
Rekenaars		17.5
Elektronika		10.4
Medisyne		8.7
Instrumentasie		4.8
Elektriese toerusting		4.4
	gemiddeld	<u>11.4</u>
MEDIUM		
Motorkarre		2.7
Chemikalieë		2.3
Vervaardiging		1.8
Nie-elektriese masjienerie		1.6
Rubber, plastiek		1.2
Nie-ferrometale		1.0
	gemiddeld	<u>1.7</u>
LAAG:		
Klip, klei, glas		0.9
Voedsel, tabak		0.8
Skeepsbou		0.6
Brandstofraffinaderye		0.6
Ferrometale		0.6
Gefabriseerde metaalprodukte		0.4
Papier, drukwerk		0.3
Hout, meubels		0.3
Tekstiel, leer		0.2
	gemiddeld	<u>0.5</u>

Ons sien hier drie groeperinge van nywerhede waarvan die produkte 'n kennisinhoud bevat wat as hoog (sg. high tech), medium en laag bestempel kan word. Die lys is geensins volledig nie. In die eerste groep sou byvoorbeeld genetiese ingenieurswese, uraanverryking, robotika en gevorderde materiale bygevoeg kan word. Die mineraalbedryf soos ons dit in die RSA ken, sal in die tweede groep val.

Die vraag na die gebiede waarop die RSA moet konsentreer, is byna vanselfsprekend. Met inagneming van ons bevolking se samestelling is dit duidelik dat ons vir die voorsienbare toekoms – dit wil sê ten minste tot die einde van hierdie eeu – nie oor genoeg hoogs opgeleide mannekrag sal beskik om werklik

kompetierend te wees op hoë tegnologiese gebied nie. Hierdie onweerlegbare waarheid, tesame met die kennis van die RSA se groot hoeveelhede natuurlike hulpbronne, word die wegwysers vir ons tegnologiese areas, naamlik die tweede en derde kategorie soos hierbo uitgebeeld.

Dit moet onmiddellik gekonstateer word dat 'n land soos die RSA hom nie totaal moet weerhou van die hoë tegnologiese gebied nie. Daar moet genoeg plaaslike kundigheid en vernuf opgebou word met die oog op noodsaaklike aanwending in die suksesvolle bedryf van die laer kategorieë. Verder kan 'n klein land soos die RSA wel enkele snitte uit kategorie 1 selekteer en internasionaal suksesvol konkureer. 'n Mens dink hier veral aan markte waar kleiner hoeveelhede op die laer trappe van die hoë tegnologiese groep in aanvraag is; byvoorbeeld instrumentasie, wapens, ens. In die geheel egter is daar nie veel van 'n ekonomiese toekoms vir die RSA op hoë tegnologiese gebied nie, altans nie in die kort- en mediumtermyn nie. Ons totale kennispoel moet in hoofsaak in die ander kategorieë aangewend word. Dit impliseer dat die produkte van ekonomies suksesvolle Suid-Afrikaanse tegnologie 'n relatiewe lae kundigheidsinhoud moet hê, maar 'n hoë materiaal- en energie-inhoud, want laasgenoemde kommoditeite het ons nagenoeg in oorvloed.

Laat ons dan voorts vasstel hoe die RSA op die aangewese terreine sy tegnologie kan ontwikkel en optimaliseer, in die gegewe stel omstandighede waarin die land homself bevind. Die volgende pertinente faktore is ter sprake:

i) **Kultuuraanpassing**

As die gemiddelde Suid-Afrikaner gevra moet word watter dinge deur hom/haar belangrik geag word vir die suksesvolle voortbestaan van hierdie land en sy mense, sal tegnologie baie laag op die rangordelys voorkom.

Dan moet dit weer eens beklemtoon word dat sosiopolitiese hervorming in die Republiek 'n vrugtelose poging sal wees as dit nie gerugsteun word deur 'n sterk ekonomie nie. Ons gemiddelde verdienste per kapita is nog te laag teenoor die verspreiding van inkomste om 'n vredsamese gemeenskap te waarborg. (Die omgekeerde is natuurlik ewe-eens waar. Pogings tot hoër ekonomiese aktiwiteite word gerem sonder 'n redelike politieke model vir die toekoms in sig.)

Indien bogenoemde redenasie sinvol is en ekonomiese groei onvermydelik aan tegnologie gekoppel is, dan het dit hoog tyd geword dat op hierdie terrein 'n ooreenkomstige kultuuraanpassing onder die totale gemeenskap moet kom. Hier kan die titel van die referaat taalkundig werklik tot sy reg kom. Suid-Afrikaners moet meer volwasse raak in hulle lewensbeskouing in soverre dit die rol van tegnologie in ons samelewing betref. Sulke kultuuraanpassings geskied nie oornag nie. Dit is uiters verblydend dat die Staatspresident die gedagte van 'n ministerie met verantwoordelikheid vir "Ekonomiese Sake en Tegnologie" in die lewe geroep het. Dit is 'n

simptoom van 'n allernoodsaaklike aanpassing in die staatsbestel en denke, maar in sigself is dit nie genoeg as die totale gemeenskap nie dienooreenkomstig gemobiliseer word nie.

- (ii) Die tegnologiebewussyn van 'n gemeenskap word gereflekteer in die keuses van sy jeug as hulle na tersiêre inrigtings gaan vir hoër opleiding. As daar na die aantal graduandi in Chemiese en Metallurgiese Ingenieurswese in 'n paar lande gekyk word, vind ons oor die afgelope dekade dat Japan en die VSA (per kapita) ses maal soveel, die VK vier maal, en Australië twee maal soveel as Suid-Afrika lewer.

Dit sal u interesseer om te weet dat een van die verwagte knelpunte in die Mosselbaaigasontwikkelingsprojek die tekort aan ingenieurs sal wees. Daar is tans sprake van ten minste drie sintetiese brandstofprojekte in die volgende dekade. Afgesien van kapitaalvereistes het die beplanners besef dat hierdie land se geskoolde mannekrag hoegenaamd nie die las van drie gelyktydige projekte sal kan dra nie.

Die noodsaaklikheid van 'n sterk, inheemse tegniese mannekragkorps kan nie genoeg beklemtoon word nie. Afhanklikheid van immigrante – al is hulle ook hoe welkom in die RSA – is 'n onseker faktor. Die geskiedenis wêreldwyd het oor die afgelope paar dekades getoon dat tydens politieke onrus en onsekerheid die immigrant eerste neig om te emigreer. Dit is eintlik vanselfsprekend dat as 'n mens een maal in jou lewe so 'n belangrike besluit geneem het deur van land te verander, dit makliker by herhaling sal plaasvind.

Die tegnologie van 'n land moet essensieel gedra word deur burgers in die volle gees van die term, naamlik mense wat hierdie deel van die aarde hulle eie gemaak het. In hierdie verband is dit ietwat onrusbarend om daarop te let dat die Afrikaanstalige universiteite in 1986 45% van die graduandi in Chemiese en Metallurgiese Ingenieurswese gelewer het. In 1987 het hierdie groep universiteite slegs 28% eerstejaars in dié betrokke rigtings getrek. Die rede vir die afname is nie duidelik nie.

Tegnologie is nie net 'n stuk gereedschap of 'n masjien nie. Dit is 'n sisteem wat gebore en ontwikkel word in 'n bepaalde sosiale opset met sy eie kommersiële, estetiese en selfs politieke eienskappe. Dit is kultuurintensief en omdat dit juis 'n produk van die mens is, moet die betrokke mense in wese tot 'n groot mate inheems wees.

- (iii) 'n Verdere vereiste vir verhoogde tegnologie-ontplooiing is 'n toenemende deelname aan navorsing en ontwikkeling deur die private sektor. Dit is kenmerkend dat in 'n land soos die VSA of Wes-Duitsland privaatsektordeelname aan die totale nasionale navorsings-en-ontwikkelingsprogram nagenoeg 'n orde groter is as dié in die RSA. Die belangrikste elemente wat hier ter sprake is, is nie alleen die daadwerklike finansiële en mannekragbydrae wat die private sektor tot

die nasionale ontwikkelingsprogram maak nie, maar ook die binnenshuise klimaat wat in 'n organisasie geskep word tot vernuwing en optimalisering van sy eie tegnologie. Die vermoë om nuwe idees raak te sien, te absorbeer en te verwerk word die natuurlike erfenis van sulke organisasies. Dit is noodsaaklik, want die meeste ekonomiese aktiwiteite in ons opset is geleë in die private sektor. Namate die private sektor se deelname aan navorsing en ontwikkeling toeneem, kan die staat se bydrae afplat. Dit sal 'n goeie belegging wees as die staat op hierdie terrein die private sektor tegemoetkom, hetsy deur subsidiëring of deur byvoorbeeld 'n 150%-belastingkorting.

- (iv) Hierdie land is ryklik bedeeid met mineraalbronne en speel 'n betekenisvolle rol in wêreldvoorsiening.

Terselfdertyd is die mineraalbedryf verreweg die grootste enkele faktor in die S.A. ekonomie. Dit geld vir werkverskaffing, generering van binelandse inkomste asook buitelandse verdienste. Ongeveer tweederdes na 'n driekwart van die land se valuta word op hierdie wyse verdien.

Ons staan egter voor twee onvermydelike feite – en dit sluit nie die (hopelik tydelike) effek van sanksies in nie. Enersyds is daar 'n afplating in die wêreld se aanvraag na rou grondstowwe, juis as gevolg van die advent van plastiek en ander kunsmatige materiale. Andersyds het baie, veral Derdewêreldlande, oor die afgelope twee dekades tot die mineraalontginningswedloop toetree en staan die RSA in kompetisie met hulle.

Daar is vir ons wat die tegnologie betref slegs twee keuses. Die doeltreffendheid van ons geologiese opsporings-, mynbou- en ekstraksietegniese moet steeds uitgebou word. Tot aan die einde van hierdie eeu sal oorlewing van die sterkste sigself op mineraalgebied openbaar. Origens is ons aangewese op hoër veredeling. Dit kan hierdie land op grond van kundigheds- en energietoevoeging wel bybring.

Sowat drie dekades gelede was die RSA 'n groot voorsiener van chromieterts aan die wêreldmarkte en was daar vrese en onsekerheid of die land wel met die eerste stap van veredeling, naamlik die produksie van ferrochroom op betekenisvolle skaal, kan begin. Die kliënte van ons chromieterts, naamlik Europa, Amerika en Japan, was immers vir baie jare besig met ferrochroomproduksie. Die RSA het toetree en binne drie dekades die wêreldmark verower, vanweë verbeterde tegnologie gerugsteun deur relatief goedkoper energie.

Die RSA produseer bykans al die komponente wat nodig is vir die produksie van roesvrye staal. Ons verkoop dit aan lande van die noordelike halfrond en self verwerk ons ongeveer een persent van die wêreld se totale produksie van hierdie gesogte allooi.

Die geskiedenis kan herhaal word. Ons is lei-

dende produsente van goud en diamante. Waarom kan die RSA nie die wêreld se grootste juweliersprodusent word nie?

Die toetrede tot hoër verwerking kan op die duur ten minste 'n verdubbeling van inkomste uit minerale vir die RSA meebring. Dit vereis entrepreneursvisie en soos in die verlede met YSKOR, SASOL, ALUSAF en andere sal die staat dikwels die voortou moet neem, totdat die stadium bereik word waar sulke ondernemings kan oorgaan na die private sektor.

Vervolgens word na twee inhiberende faktore gekyk wat tegnologiese ontwikkeling in die RSA strem:

Eerstens bestaan daar nog steeds die "buiteland is slimmer" – sindroom. Menige groot maatskappy sal makliker tegnologie uit die buiteland aankoop as om te verneem of dit plaaslik beskikbaar is. Dit is noodsaaklik dat ons eie inheemse tegnologie optimaal benut word en daarom wil ek die gedagte loods dat daar oorweging aan geskenk word om die invoer van enige tegnologie, deur wie ook al, te belas, tensy daar bewys gelewer kan word dat dit nie plaaslik beskikbaar is nie. Die Kabinet het enkele jare gelede besluit dat staatsinstansies nie op die gebied van telekommunikasie toerusting kan aankoop uit die buiteland as dit in die Republiek beskikbaar is nie. Hierdie klein, byna informele, beskerming het die betrokke plaaslike tegnologie grootliks gehelp. Die beginsel behoort veral op die gebied van ingevoerde kundigheid toegepas te word.

Tweedens moet die wisselkoersfaktor aangespreek word. Die onsigbare simboliese ekonomie op internasionale vlak is besig om die reële ekonomie te verswelg. Die totale wêreldhandel in dienste en goedere beloop ongeveer drie miljoen miljoen dollar per jaar, maar die London-Euro-dollar mark – waarin die groot finansiële instansies van die wêreld van mekaar wedersyds leen – se totale omset is 25 keer groter as die genoemde handelsomset. Die koop en verkoop van die dollar, mark, yen, ens., beloop op sy beurt 12 keer soveel as die bruto handelsbegroting van die wêreld.² Die papiertransaksies oorskadu die werklike ekonomiese aktiwiteite van die mensdom.

Die vraag is nou : Word wisselkoerse bepaal deur die ekonomiese aktiwiteite van die betrokke lande, of word die ekonomiese aktiwiteite bepaal deur die wisselkoerse? Ter illustrasie: Die uitvoersteenkolbedryf in die RSA gaan tans deur 'n moeilike fase vanweë die toetrede tot die wêreldmark deur lande soos Sjina en Colombië en die relatiewe lae olieprys en sanksiedruk. Benaderd kan die volgende berekening gemaak word: Veertig miljoen ton steenkool per jaar teen \$25 per ton lewer twee duisend miljoen rand bruto vir die Suid-Afrikaanse steenkoolbedryf, met 'n lae huidige winsgrens. Sou die wisselkoers met vyf Amerikaanse sent opwaarts skuif, beteken dit 'n verlies van 200 miljoen rand vir die Suid-Afrikaanse bedryf in bruto inkomste. Sulke verskuiwings is nie ongewoon oor die afgelope paar jaar nie en het etlike steenkoolmyne van 'n wins- na 'n verliesposisie oorgeplaas. Tot sover wat die wisselkoers aan 'n nywerheid kan doen.

Tegnologie word ontwikkel met die oog op produksie en bemarking. Die binnelandse mark is klein en die buitelandse mark is dikwels die aangewese. Normaalweg vereis die beplanning en inwerkingstelling van 'n produksieaanleg enige iets van drie tot vyf jaar. Nou kan 'n mens dadelik sien watter onsekerheidsfaktor wisselkoerskommeling vir langtermynbeplanning meebring. Dit kan tegnologiese onderneming, wat reeds 'n inherente waagelement bevat, inderdaad teëwerk. Stabilisering van wisselkoerse is 'n noodsaaklike mikpunt vir tegnologiese groei.

Ten slotte het u seker al agtergekom dat die terme *ontwikkelde*, *onontwikkelde* en *ontwikkelende land* eintlik na die status van die tegnologie in 'n land verwys. Niemand sal dit tog waag om eie kulturele en morele waardes te gebruik ten einde 'n ander land se ontwikkelingsstatus te meet nie. Die strewe na die status van 'n ontwikkelde gemeenskap is en bly gekoppeld aan die status van ons tegnologie.

BRONNELYS:

1. OECD. 1986. Science and Technology Indicators, no. 2.
2. Drucker, Peter F., 1986. Foreign Affairs, Spring.