Recente ontwikkelingen in de evolutie van de mens

Suzanne Holla

Biologie, RuG
Onder begeleiding van Dr. J.A.A.Swart

Rijksuniversiteit Groningen
Bibliotheek Biologisch Centrum
Kerklaan 30 — Postbus 14
9750 AA HAREN

BIBLIOTHEEK RU GRONINGEN
2229 7960

Voorkant:
Gefossiliseerde voetafdrukken van Australopihecus afarensis (Lucy's soort) in 1976 ontdekt door Mary Leakey en haar team. De voetafdrukken zijn 3.5 miljoen jaar geleden gemaakt toen twee mensachtigen over natte vulcanische as liepen. De natte as is gehard en vervolgens bedekt met meer as.

D 767

Inhoud

Inhoud 3
Samenvatting 5
Inleiding 7
Wat is evolutie? 9
Ontwikkeling 1: Een duizelingwekkende toename van het aantal mensen over de laatste 10.000 jaar 11
Wat zijn we en hoe zijn we zo geworden 13
1.1 Intelligentie 13
1.2 Werktuiggebruik 14
1.3 Sociale structuur: vergelijking met aap 15
1.4 Taal 16
Ontwikkeling 2: Een omslag: Drastische vermindering van het aantal nakomelingen per gezin in ontwikkelde landen, vooral bij rijken. 19
Demographic Transition 21
Ontwikkeling 3: Gebruik van genetica voor het oplossen van sociale problemen: Eugenetica 23
Ontwikkeling 4: Opkomst van de voortplantingstechnologie 27
Invloed van de mens op haar eigen evolutie 29
4.1 Wat zijn de mogelijkheden? 29
4.2 Evolutionair effect van biotechnologie op mensen 32
4.3 Discussie over de toepassing van voortplantingstechnologie bij mensen 34
4.4 Politieke regulatie van voortplantingstechnologie 40
Eigen mening 43
Conclusie 47
Dankwoord 49
Referenties 51
Krantenartikelen 52
Mondelinge bronnen 53
Media 53
Bronvermelding plaatjes 53

Samenvatting

In deze scriptie beschrijf ik vier ontwikkelingen in de evolutie van mensen in een periode van 10.000 jaar geleden tot in de toekomst:

- **Een duizelingwekkende toename van het aantal mensen over de laatste 10.000 jaar.** Het begin van de toename van het aantal mensen is verbonden met het ontstaan van de landbouw. Hierdoor kwam er meer voedsel beschikbaar en kon voedsel over langere tijd bewaard worden. Dit heeft er voor gezorgd dat er minder mensen dood gingen door voedselgebrek. De sleutel tot het evolutionair succes van de mens ligt echter waarschijnlijk bij intelligentie. Het uitmuntende vermogen tot leren van mensen was de basis van allerlei nuttige ontwikkelingen zoals werktuiggebruik; een ingewikkelde sociale structuur; taal en mede door taal een bovenindividueel cognitief netwerk. Zodoende is ook de ontwikkeling van landbouw een voortvloeisel van het vermogen tot leren.

- **Een omslag: Drastische vermindering van het aantal nakomelingen per gezin in ontwikkelde landen, vooral bij rijken.** Hoewel aanvankelijk de bevolking toenam is over de laatste 150 jaar een sterke afname in de Europese bevolkingsgroei waargenomen (Borgerhoff Mulder, 1998). Opvallend is dat vooral de rijke sociale klassen minder overlevend nageslacht produceren dan de arme sociale klassen (Vining, 1986). Dit is volgens Rogers (1990) echter toch een optimale overlevingsstrategie. De mens heeft de evolutie dus nog niet overruled. Kaplan (2002) verklaart de lage vertiliteit aan de hand van een reproductive delay. Deze ontstaat doordat mensen die meer investeren in opleiding en carrière vervolgens selectiever zijn bij het selecteren van een partner.

- **Gebruik van genetica voor het oplossen van sociale problemen: Eugenetica.** De bevolkingsgroei heeft in het verleden ook al tot zorgen gebaard. Voornamelijk bij de rijke elite, want de grootste bevolkingsgroei vond niet plaats bij de hoogste klassen van de bevolking, maar in de sloppenwijken. In de periode van 1900 tot de jaren '90 heeft men dan ook in verschillende landen geprobeerd de menselijke voortplanting aan banden te leggen vanuit de overheid (Stamhuis, 2002). Een van de kerndoelen van eugenetica-bewegingen is het verbeteren van de mens. Hetzij door 'zwakkeren' uit de gene-pool te verwijderen of door kruisingen tussen individuen met 'goede' genen te stimuleren.

- **Opkomst van de voortplantingstechnologie.** De biotechnologie en genetica zijn de laatste decennia in een stroomversnelling gekomen. Er is zelfs sprake van een 'biotechnologische revolutie' (Heumakers, 2002). Er worden al zoogdieren gekloond en genetisch gemanipuleerd. Klonen van mensen ligt binnen handbereik. Wat is er nog meer mogelijk? De mens heeft er zeven miljoen jaar over gedaan om van aap naar mens te evolueren, zei onlangs de Amerikaanse geneticus Lee Silver in het VPRO-programma Tegenlicht (8/12/2002), maar in de komende honderd jaar zal volgens hem een heel nieuwe menssoort ontstaan, dankzij de ontwikkelingen van gentherapie en biotechnologie. Een genetisch supermens: verrijkt met grote talenten en zonder aanleg voor ziekten en slechte eigenschappen (Snoeijen, 2002). Moet alles wat kan, ook kunnen? Het beeld wat Silver schetst wordt door sommige afgedaan als fictie (Becker, 2002). Maar het is niet ondenkbaar dat het ooit zover zal komen, en zelfs als maar de helft uitkomt van wat hij beweert, zal dit ernstige gevolgen hebben voor de mensheid.

Inleiding

Het genetisch materiaal van onze naaste verwant, de chimpansee, is voor 98,5 procent identiek aan dat van de mens. Toch ervaren we grote verschillen: mensen componeren muziek, ontwerpen computers, maken schilderijen en vragen zich af of ze vegetariër moeten worden. Chimpansees doen dat allemaal niet (Ritsema, 2002).

Over de laatste 10.000 jaar is het aantal mensen grofweg vermiljoenvoudigd. Dit lijkt een groot evolutionair succes. Wat is de sleutel tot dit succes van de mens? En waarom is er over de laatste 150 jaar juist een teruggang in het aantal nakomelingen waargenomen bij rijke mensen in rijke landen (Vining, 1986)? Het lijkt tegenstrijdig met de evolutietheorie dat mensen in een betere omgeving minder kinderen krijgen (Tooby & Cosmides, 1990). Is dat nog evolutionair te verklaren? De ogenschijnlijke evolutionaire tegenstrijdigheid van dit verschijnsel heeft misschien mede tot de Eugenetica beweging geleid. Men heeft in de afgelopen eeuw geprobeerd om eugenetica in te zetten als oplossing voor sociale problemen (Stamhuis, 2002). Ik vraag me af hoe dit ontstaan is en of er een invloed is geweest op de menselijke evolutie, aangezien de selectiecriteria niet meer door de natuur, maar door de mens bepaald werden. Een moderne versie van dit thema komt terug in de ethiek omtrent klonen en genetische modificatie van mensen. Wederom zijn het de mensen die bepalen wat wenselijke eigenschappen zijn, echter waar de eugenetica nog vooral gebaseerd was op negatieve selectie, zijn de moderne technieken gebaseerd op positieve selectie. Door middel van het klonen van embryo's zou men de embryo's gemakkelijker genetisch kunnen modificeren. Vervolgens wordt alleen het embryo dat gezond is of de gewenste eigenschappen heeft, geselecteerd om te volgroeien. Silver beschrijft in zijn boek 'Remaking Eden' (1997) hoe de ontwikkeling van de voortplantingstechnologie uiteindelijk zal leiden tot kunstmatige soortsplitsing tussen de gemodificeerde en de niet-gemodificeerde mensen.

Hoe serieus moeten we dergelijke toekomstmuziek nemen? Lee Silver (1997), Francis Fukuyama (2002) en Gregory Stock (2002) zijn drie gerespecteerde namen die ieder een boek hebben gewijd aan dit betreffende onderwerp. De Volkskrant heeft afgelopen jaar een discussierubriek aan het thema 'klonen van mensen' gewijd en tegenlicht besteedde een uitzending aan 'designerbabies' (VPRO, 8 december, 2002). Als het beeld wat geschetst wordt een reële optie voor de toekomst is, is dat dan een gewenste ontwikkeling? En zo niet, kunnen we er door middel van bijvoorbeeld regelgeving de spectaculaire ontwikkelingen op het gebied van de voortplantingstechnologie remmen?

De kernvragen die ik in deze scriptie zal proberen te beantwoorden zijn:

1. Wat is de invloed van de mens zelf op haar eigen evolutie geweest?
2. In hoeverre kan de mens zich (gaan) bemoeien met haar eigen evolutie?
3. In hoeverre mag de mens zich bemoeien met haar eigen evolutie?

Wat is evolutie?

Om deze vragen goed te kunnen beantwoorden is het eerst noodzakelijk te weten wat evolutie nou precies is. Die vraag is nog niet eens zo makkelijk te beantwoorden want het proces van evolutie is ontzettend complex. Er is een wisselwerking van omgeving op genen en andersom. Bovendien hebben die genen ook nog eens hele ingewikkelde interacties met elkaar.

Evolutie bestaat uit verandering in de erfelijke eigenschappen van groepen organismen over generaties. De processen die dit bewerkstelligen zijn mutatie, genetic drift en natuurlijke selectie. Variatie in de eigenschappen van organismen in een populatie ontstaat door random mutatie van DNA sequenties (genen) die van invloed zijn op deze eigenschappen. "Random" betekent hier dat de mutaties onafhankelijk van hun mogelijke consequenties voor overleving en reproductie voorkomen. Varianten van een gen die ontstaan zijn door mutatie worden allelen genoemd. Genetische variatie wordt versterkt door recombinatie gedurende de sexuele reproductie, wat leidt tot nieuwe combinaties van genen. Variatie wordt ook versterkt door gene flow, de input van nieuwe genen uit andere populaties.

Evolutionaire verandering binnen een populatie kan beschreven worden als verandering in de verhoudingen van allelen in de populatie. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk dat een zeldzaam allel zo toeneemt dat het voormalige allel vervangen wordt. Veranderingen in de verhoudingen tussen allelen ontstaan doordat sommige individuen meer nakomelingen krijgen dan anderen en daardoor meer genen doorgeven aan toekomstige generaties.

Het eerste proces dat hierbij een rol speelt is genetic drift, dat ontstaat door random variatie in de overleving en reproductie van verschillende genotypes. Bij genetic drift fluctueren de verhoudingen van allelen door toevalsprocessen. Uiteindelijk kan een allel de anderen vervangen en ze wordt daarmee stabiel binnen de populatie. Genetic drift is vooral belangrijk als allelen van een gen neutraal zijn, d.w.z. als ze niet verschillen in invloed op de kans op overleven en reproductie. In een kleinere populatie is er door het beperkte aantal individuen minder uitmiddeling van de toevalsverschillen. Hierdoor gaat genetic drift sneller naarmate de populatie kleiner is. Genetic drift leidt dus tot evolutionaire verandering, maar niet tot adaptatie.

Het andere proces dat een grote invloed heeft op de verhoudingen van allelen is natuurlijke selectie. Bij natuurlijke selectie speelt adaptatie juist wel een grote rol. Organismen die beter zijn aangepast aan hun omgeving zullen beter in staat zijn om te overleven en te reproduceren. Dit proces is niet random, maar hangt af van kleine genetische verschillen tussen organismen waardoor de een net iets beter functioneert in een bepaalde omgeving dan de ander. Welke variant de hoogste fitness heeft, hangt in de meeste gevallen af van de omgeving, maar ook andere soorten en leden van de eigen soort waarmee het organisme concurreert, paart of andere sociale interacties heeft.

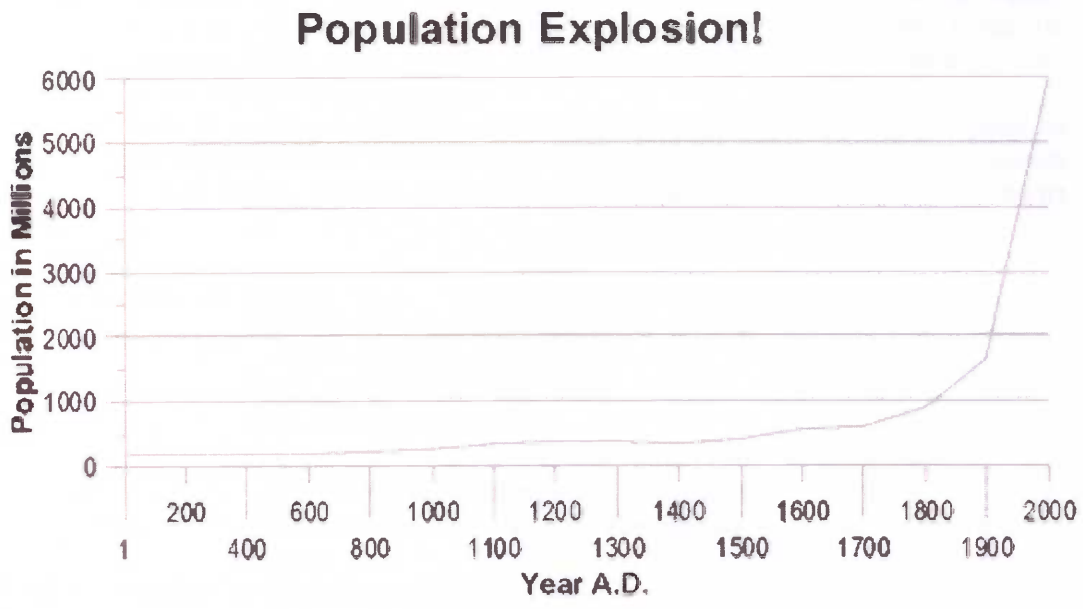
Door adaptatie hebben individuen in een populatie betere mogelijkheden om te overleven en te reproduceren in hun omgeving. Als gevolg van natuurlijke selectie worden allelen en eigenschappen die de fitness verlagen uit de populatie verwijderd, maar wordt er ook voor gezorgd dat bepaalde succesvolle combinaties van genen en eigenschappen die door alleen kans zeldzaam zouden zijn, toch behouden blijven of zelfs toenemen. Soms leidt selectie tot totale vervanging van genen en eigenschappen, maar het is ook mogelijk dat er een evenwicht ontstaat, waarbij verschillende genetische varianten voor onbepaalde tijd in een populatie blijven bestaan.

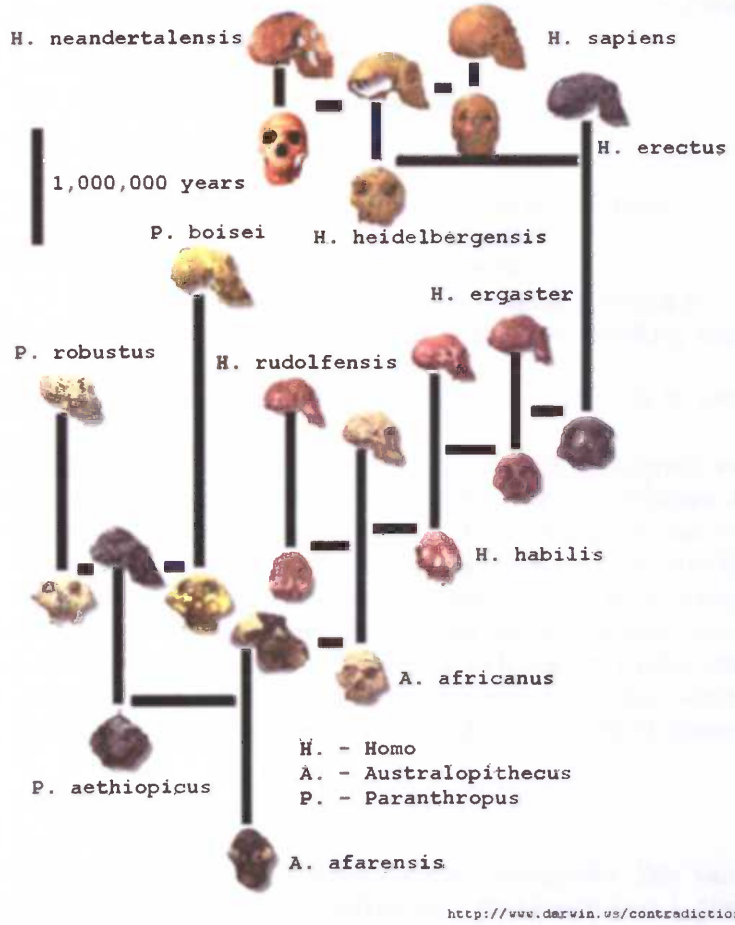
Natuurlijke selectie is de oorzaak van aanpassingen aan bijvoorbeeld hormonale regeling van de ontwikkeling en paringsgedrag om partners te lokken. Er kan echter geen aanpassing zijn als er niet eerst door mutatie of recombinatie gegenereerde genetische variatie ontstaan is.

Doordat nieuwe mutaties en recombinaties onderhevig zijn aan genetic drift en aan natuurlijke selectie kunnen ze na verloop van genoeg tijd leiden tot grote veranderingen in eigenschappen, zowel kwalitatief als kwantitatief. Hierdoor is het mogelijk dat de verschillen tussen een afstammeling en zijn meer of minder verre voorouders soms zo enorm zijn. (T.R. Meagher & D.J. Futuyama, 2001). Zo lijken bijvoorbeeld een wolf en een tekkel uiterlijk nog nauwelijks op elkaar. Toch behoren ze in principe nog tot dezelfde soort.

In dit proces worden ook trade-offs gemaakt. Een organisme kan niet alle mogelijke eigenschappen combineren, maar moet daar keuzes in maken. Bepaalde combinaties zijn niet mogelijk of onwaarschijnlijk gezien de voorgeschiedenis. Zo is het bijvoorbeeld niet mogelijk om en armen en vleugels te hebben gegeven dat zij beide uit hetzelfde rudimentaire beginsel zijn geëvolueerd. Dat zou wel kunnen als ze uit verschillende beginselen zouden zijn geëvolueerd. Er zit dus een historische component aan. Hetzelfde geldt voor kieuwen en longen. Er zijn ook bepaalde constraints, oftewel beperkingen, wat betekent dat bepaalde genetische eigenschappen met elkaar verbonden zijn. Zo zal een persoon met blauwe ogen als bijkomstigheid meestal blond zijn.
De derde factor die meespeelt bij evolutie is competitie. Zo kunnen bepaalde eigenschappen heel handig zijn om de concurrentie met een andere soort te winnen, maar als de andere soort eenmaal overwonnen is, zijn die eigenschappen niet meer zo waardevol en kunnen zelfs nadelig werken omdat ze wel onderhouden moeten worden (Louis van de Zande, mondelinge bron).
Deze trade-offs vinden we terug in verschillende strategieën om te overleven. Organismen met een zogenaamde r-strategie grijpen hun kans als de milieufactoren gunstig zijn en kunnen zich in korte tijd enorm uitbreiden. Organismen met een K-strategie passen zich vooral aan op verschillende milieufactoren en proberen het zo lang mogelijk uit te houden op een en dezelfde plek. Zij planten zich slechts langzaam voort maar investeren wel in kwaliteit.
Het evolutieproces behelst dus allerlei ingewikkelde factoren en mechanismen. Het resultaat van deze complexiteit van de evolutie is dat er momenteel 4.8 miljoen tot 6 miljoen soorten op de wereld zijn (Weiblen, 2002). Nu ik een beeld heb geschetst van wat er allemaal bij evolutie komt kijken, zal ik in het volgende hoofdstuk toelichten welke factoren al dan niet een rol hebben gespeeld in de totstandkoming van de mens.

<u>Ontwikkeling 1:</u> Een duizelingwekkende toename van het aantal mensen over de laatste paar duizend jaar





Figuur 1a: Populatiegroei vanaf het jaar 0.
Figuur 1b: Overzicht van de evolutie van verschillende mensensoorten.

Wat zijn we en hoe zijn we zo geworden

Het genetisch materiaal van onze naaste verwant, de chimpansee, is voor 98,5 procent identiek aan dat van de mens. Mensen componeren muziek, ontwerpen computers, maken schilderijen en vragen zich af of ze vegetariër moeten worden. Chimpansees doen dat allemaal niet (Ritsema, 2002). Geen wonder dat men in de tijd van Darwin moeilijk kon geloven dat de mens verwant is aan de apen.
Een belangrijk inzicht is dat we niet van de huidige apen afstammen, maar dat apen en mensen gemeenschappelijke voorouders hebben. Er hebben verschillende soorten mensen bestaan en ook naast elkaar bestaan. In onderstaande figuur is de evolutie van de mens globaal geschetst.

50 milj.oen jaar geleden	**Apen**
34	*Mensapen evolueren uit de apen van de Oude Wereld*
22	*Afsplitsing van de gibbons*
17	*Afsplitsing van de orang-oetans*
10	*Afsplitsing van de gorilla's*
7	*Afsplitsing van de chimpansees; Rechtop lopen, kleine hersenen*
4	Austrolopithecus afarensis *in Oost-Afrika*
2	Homo habilis, *ijstijdklimaat; Gereedschap maken, hersenvolume wordt groter*
1 750 000 jaar geleden	*Evolutie van* Homo erectus
1 700 000	*Einde van* Homo habilis; *Gereedschap maken in de vorm van aangescherpte steenflinters*
1 500 000	Homo erectus *breidt zich uit over Afrika*
1 400 000	*De Austraopithecinen sterven uit;* Homo erectus *in Zuidoost-Azie*
1 000 000	Homo erectus *in Europa*
230 000	*Laatste* Homo erectus
100 000	*Neanderthaler en* Homo sapiens *verschijnen*
33 000	*Neanderthalers sterven uit*
27 000	*Grotschilderingen in Europa*
10 000	*Einde van de jongste ijstijd; begin van de akkerbouw*
6 000	*Steden, grootschalige sociale organisatie*
5 000	*Uitvinding van het schrift in Soemerië*
2 500	*Met de Griekse filosofen begint de klassieke wetenschap*
NU	*Duizendvoudige toename van de menselijke bevolking sinds het begin van de landbouw*

Tabel 1: Overzicht van de evolutie van de mens. (Figuur op basis van Calvin, W.H. 1998, p.328-331)

Met behulp van moleculaire technieken heeft men vrij recentelijk de migratie van de mens na haar ontstaan redelijk kunnen nagaan. Doordat mitochondriën in principe alleen via de moeder overerven, kan men de maternale lijn nagaan. Met behulp van het Y-chromosoom, dat alleen via de vader overgeërfd wordt, is men in staat om de paternale lijn na te gaan. Beide onderzoeksstrategieën geven overeenkomstige resultaten. De afstamming van de mens kan op basis van deze gegevens teruggevoerd worden op een groepje van vermoedelijk ongeveer 2000 individuen dat ongeveer 140.000 jaar geleden in Afrika leefde. Dat zou betekenen dat alle mensen die nu op de wereld leven tot een en dezelfde soort behoren (van Hooff, mondelinge bron). Dit wordt overigens door anderen betwijfeld (Swart, mondelinge bron).

1.1 Intelligentie

Een opvallende eigenschap van de mens is haar grote intelligentie. Een van de simpelste methodes om intelligentie te meten is om te kijken naar de herseninhoud. *Homo erectus* had ongeveer 400cc herseninhoud, gedurende de evolutie van mensen is de herseninhoud steeds

toegenomen. De moderne mens heeft een hersenvolume van 1345 (Relethford, 1997). De herseninhoud kan echter niet onbeperkt toenemen. Een hoofd moet namelijk ook nog door het geboortekanaal passen. Ook zijn er twijfels of deze methode wel zo nauwkeurig is. Een man heeft gemiddeld grotere hersenen dan een vrouw, maar dat betekent niet dat mannen slimmer zijn (Gould, 1981 in Relethford, 1997). De grootte van de hersens hangt namelijk ook af van het lichaamsgewicht. De hersenen van walvissen en olifanten zijn wel 4 a 5 keer zo groot als de hersens van mensen, maar toch is de mens slimmer. Mannen zijn gemiddeld iets groter dan vrouwen en hebben dientengevolge ook grotere hersenen.
Men heeft er ook aan gedacht om intelligentie als een ratio van hersenvolume en lichaamsgewicht te meten, hoe groter de ratio des te groter zijn de hersens ten opzichte van ht lichaamsgewicht. De ratio van de mens is 1/49 = 0.020. Dit blijkt echter ook niet goed te werken, want er zijn genoeg apensoorten die een grotere ratio hebben maar waarvan we niet veronderstellen dat ze slimmer zijn. De ratio van het doodshoofdaapje is bijvoorbeeld 1/31 = 0.032 (Passingham, 1982 in Relethford, 1997).
Er zijn ook studies die kijken naar de relatie tussen hersenvolume, lichaamsgewicht en metabolisme. Grotere zoogdieren hebben grotere hersenen en produceren meer metabole energie. Er is echter een grote variatie in het gebruik van deze energie door de hersenen. Veel zoogdieren zoals honden en katten gebruiken 4 tot 6 procent van hun energie voor de hersenen. Primaten spenderen aanzienlijk meer energie aan de hersenen; de makaak zit op 9 procent en de moderne mens op 20 procent(Armstrong, 1983 in Relethford, 1997).
Het menselijke brein is dus niet alleen groot, het heeft ook een andere structuur dan andere primaten, waarbij de cortex buitenproportioneel groter is (Relethford, 1997). Dit verschil heeft waarschijnlijk te maken met het grotere energieverbruik van het menselijk brein. Het komt er dus op neer dat hersenvolume niet het hele verhaal is. De mens heeft niet alleen grotere hersenen dan de chimpansee; maar ook structureel andere hersenen.

1.2 Werktuiggebruik

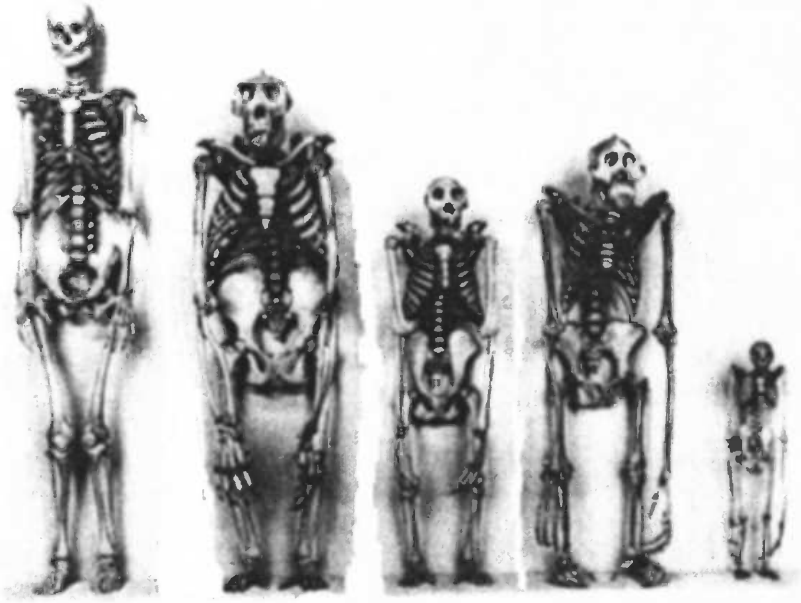
Een andere manier om intelligentie te meten, is om te kijken naar wat de voorgangers van de huidige mensen allemaal konden. Een maat hiervoor is om te kijken naar het werktuiggebruik. De Neanderthaler had de grootste herseninhoud van alle mensachtigen maar bleek toch niet in staat om samengestelde werktuigen te maken. De *Homo sapiens sapiens* waar de huidige mens uit ontstaan is, had een kleinere herseninhoud maar bleek toch in staat veel ingewikkeldere werktuigen te maken dan de Neanderthaler (Jan van Hooff, mondelinge bron). Wellicht is de hersenstructuur van de moderne mens dus ook anders dan bij de Neanderthaler.

Figuur 2: Enkele gereedschappen die gebruikt werden door verschillende mensensoorten.

Volgens Kaplan (2002) is het enorme succes van de mens onder andere te wijten aan hoge investeringen in hersenen en leren. In de jager-verzamelaar periode is de mens overgegaan op een strategie waarbij eerst moeilijke vaardigheden verkregen moesten worden om voedsel te vergaren. Een mens moet eerst leren om een speer te maken en te gebruiken, voordat hij op een bizon kan jagen. Kaplan noemt dit een 'skill-intensive foraging niche'. Het verkrijgen van de nodige vaardigheden neemt jaren in beslag, dus hoe langer iemand leeft, hoe meer vaardigheden hij kan hebben verkregen. Doordat de productiviteit van een individu toeneemt met de leeftijd, is er dus bovendien een selectie voor langer leven.

1.3 Sociale structuur: vergelijking met aap

De moderne mens leeft binnen een ingewikkeld sociaal netwerk. Er wonen miljoenen mensen in een enkele stad die allemaal voor hun dagelijkse voedselvoorziening naar de supermarkt gaan. Onderwijzers, registeraccountants, schoenenverkopers... De taken zijn tot in de kleinste details verdeeld en een mens alleen zou wellicht niet eens meer kunnen overleven. Het investeren in bepaalde vaardigheden heeft geleid tot specialiseren. Een mens kan niet alles leren, dus leert het een paar dingen heel goed. Hierdoor zijn we afhankelijk geworden van de vaardigheden van andere mensen. Dit heeft tot een ingewikkelde sociale structuur geleid. Om deze sociale structuur beter te bestuderen wil ik onze samenleving vergelijken met onze meest verwante buren: de apen en dan m.n. de mensapen. Een manier om naar een samenleving te kijken is om verschillende sociale systemen die samenhangen met seksuele samenlevingsvormen te bestuderen. Jan van Hooff analyseert in zijn lezing (2003) de samenlevingsvormen van vier verschillende mensapen. Er worden polygyne, monogame en polygynandrische samenlevingsvormen onderscheiden.



Figuur 3: Skelet van respectievelijk: Mens-Gorilla-Chimpansee-Oerang Oetang-Gibbon.

Een voorbeeld van een polygyn systeem vinden we bij de oerang oetang. Ieder volwassen individu heeft een eigen territorium. Hierbij is er overlap van het territoria van verschillende vrouwtjes met een mannetje. Een mannetje kan hierdoor meerdere vrouwtjes bevruchten.
Bij de gorilla's zijn er ook verschillende vrouwtjes voor een mannetje, maar zij delen hun territorium samen. Gorilla's leven op de grond, waar het relatief gevaarlijker is dan in de bomen. Het mannetje is een stuk sterker en beschermt zijn vrouwtjes tegen potentiële gevaren en andere mannetjes.
Gibbons leven in monogame familiegroepjes van een mannetje en een vrouwtje met het kroost. Zodra de kinderen oud genoeg zijn, worden ze verstoten.
Chimpansees leven met meerdere mannetjes en vrouwtjes samen in een groep. De mannetjes delen de vrouwtjes met z'n allen. Deze vorm van samenleven wordt polygynandrisch

genoemd. Er is wel spraken van dominantie, maar dit wordt onderling opgelost waarbij het dominante mannetje toestemming kan geven om te paren. Een interessante bijkomstigheid van samenleven met meerdere mannen is, dat de mannetjes niet meer al hun tijd en energie kwijt zijn met vechten om de vrouwtjes. Deze dieren blijken echter met groepen tegen elkaar te vechten. Jane Goodall heeft dit fenomeen waarbij groepen Chimpansees oorlog voeren om de vrouwtjes beschreven. Hierbij worden doelbewust mannetjes van de andere stam gedood en de vrouwtjes overgenomen. (Goodall, 1990)
Het is opvallend dat naarmate het mannetje van een apensoort een grotere harem heeft, de seksuele dimorfie toeneemt. Bij de oerang oetang en de gorilla zijn de mannetjes reuzen in vergelijking met de vrouwtjes. Bovendien zijn ze een stuk beter toegerust voor de strijd d.m.v. indrukwekkende slachttanden. Bij een chimpansee is het verschil tussen de seksen veel minder groot, en bij de gibbon moet je echt eerst onder de staart kijken voordat je weet met welke sekse je te maken hebt.
Bij de mens zijn de verschillen tussen man en vrouw relatief klein, maar dat is niet altijd zo geweest. De seksuele dimorfie van de mens is gedurende haar evolutie sterk afgenomen. Bij vroegere mensachtigen waren de mannen vermoedelijk veel groter en zwaarder dan de vrouwen (Foley, 1999). Het zou dus best kunnen dat in de vroegere mensensoorten andere samenlevingsvormen voorkwamen die meer doen denken aan het samenlevingspatroon van de gorilla en de oerang oetang.
De moderne mens is ook wat samenlevingsvormen betreft een apart geval. Er bestaan namelijk verschillende samenlevingsvormen naast elkaar. Polygyn is de meest voorkomende menselijke samenlevingsvorm. Monogaam is ook veelvoorkomend en er zijn zelfs menselijke samenlevingen bekend met een polygynandrische of polyandrische structuur (Murdoch, 1967). Deze diversiteit in samenlevingsvormen duidt er op dat de sociale structuur bij de mens wellicht niet geheel erfelijk bepaald is en dat er een zekere vrijheidsgraad is in het menselijk sociaal gedrag. De mens is dus een sociaal plooibaar dier dat zich zelfs op het gebied van samenlevingsvormen kan aanpassen aan verschillende leefomstandigheden.

1.4 Taal

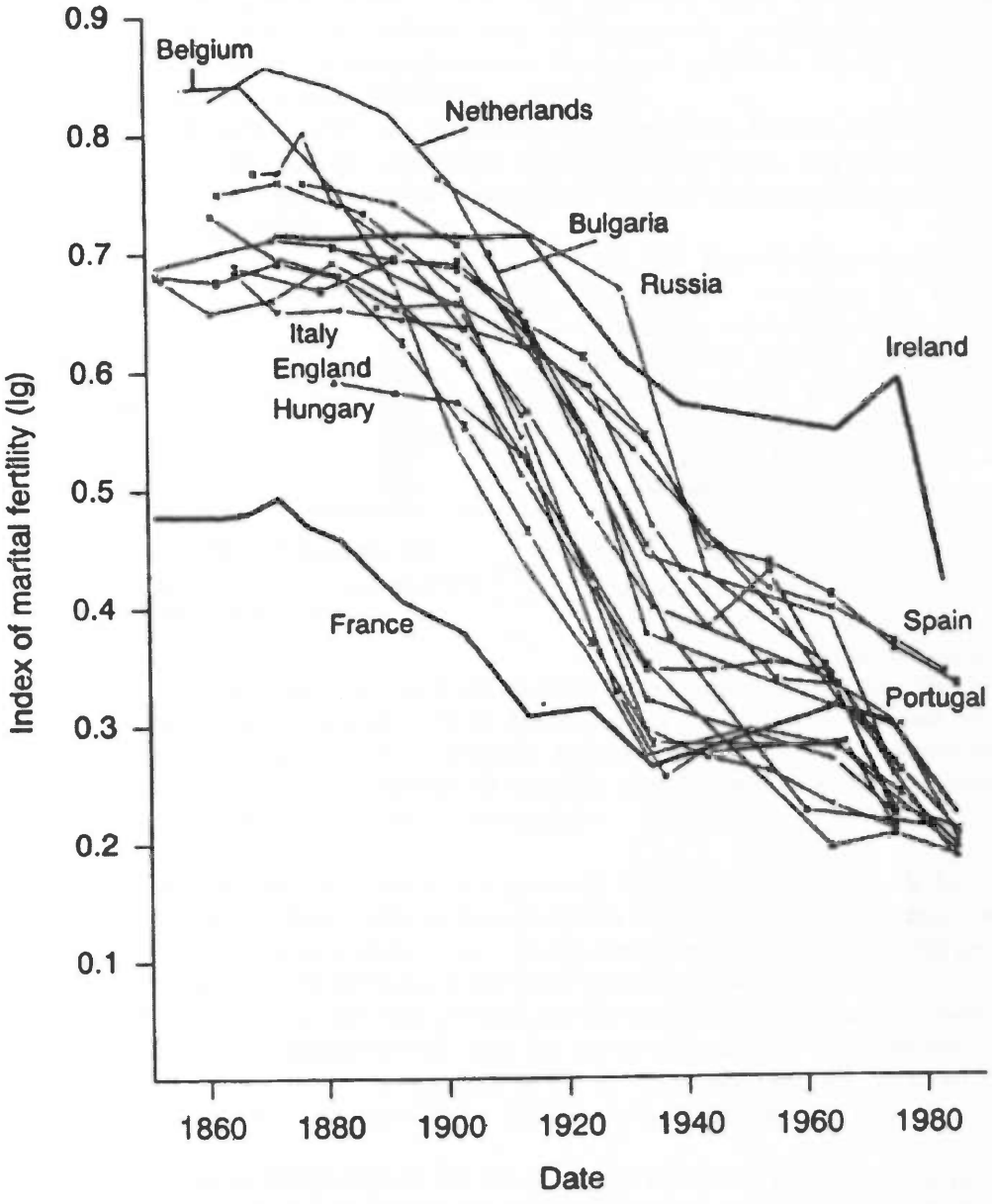
Een eigenschap die door humaan ethologen als typisch menselijk wordt beschouwd is *taal*. Hoewel er ook bij dieren iets is aangetoond wat vergelijkbaar is met 'mensentaal', is taal bij de mens veel beter ontwikkeld dan in welk ander organisme dan ook. Een belangrijke eigenschap van taal is dat het de mens in staat stelt om informatie door te geven aan de volgende generatie. Hierdoor kunnen niet alleen genen, maar ook verworven kennis worden doorgegeven op een uiterst efficiënte manier. Deze manier van overerven doet denken aan de ideeën die Lamarck over evolutie had. Volgens Lamarck was evolutie gebaseerd op het doorgeven van verworven eigenschappen en niet, zoals wij nu weten, op basis van natuurlijke selectie van genen.

Taal biedt de mens bijzondere mogelijkheden. Taal kan helpen om gedachten te structureren en om gedachtes met elkaar te delen. Een belangrijk aspect van taal is dat het in schrift kan worden omgezet.
De uitvinding van het schrift is in feite het resultaat van een vele millenia durende ontwikkeling die via merktekens op werktuigen, grotschilderingen en pictogrammen rond 1000 v.C. leidde tot het Griekse alfabet.
Volgens Jos de Mul (1996) is de uitvinding van het schrift de oorzaak van de culturele overgang van de *homo sapiens* naar de *homo sapiens sapiens* in de evolutie van de mens. Deze verandering is volgens de Mul even belangrijk geweest als de ontwikkeling van een gesproken taal waardoor de *homo sapiens* zich al fundamenteel onderscheidde van de voorafgaande *homo erectus*.
De kracht van de schriftcultuur ten opzichte van de voorafgaande orale cultuur zit hem er in dat de voor het voortbestaan vitale kennis niet langer op moeizame wijze moet worden onthouden en doorgegeven, maar in vrijwel onbeperkte omvang kan worden vastgelegd, vermenigvuldigd en geraadpleegd. Dit leidde volgens de Mul niet alleen tot een ongehoorde

versnelling van de culturele ontwikkeling, maar impliceerde ook een fundamentele transformatie van het gebruik van het menselijk brein.

De Mul (1996) onderscheidt drie aspecten van die transformatie in een vergelijking van de gevolgen van de uitvinding van het schrift met de digitale revolutie:
In de eerste plaats leidde de uitvinding van het schrift tot de uitbesteding van het geheugen aan een extern en niet-biologisch hulpmiddel. De cognitieve structuur van de mens valt vanaf dit moment in de evolutie niet langer meer samen met alleen de hersenen, maar zij omvat ook technische hulpmiddelen. Dit verklaart ook waarom deze belangrijke cognitieve transformatie, anders dan de voorafgaande in de evolutie, niet gepaard hoefde te gaan met een verdere uitbreiding van het hersenvolume zo dat al had gekund in die korte tijd (dat van de *autralopithecus* tot de *homo sapiens* was gegroeid van ca. 500 tot ca. 1400 cm3 in ca. 5 miljoen jaar).
In de tweede plaats zou de uitbesteding van het geheugen kunnen betekenen dat er ruimte vrij kwam voor de ontwikkeling van nieuwe cognitieve functies. Volgens de Mul ontwikkelden zich mede dankzij de grote plasticiteit van de neocortex nieuwe selecterende en analytische vermogens die noodzakelijk werden voor een adequate omgang met de opgeslagen kennis. Het schrift zou daarbij een belangrijke sturende rol hebben gespeeld. Het fixeren van de resultaten van het denkproces in een extern medium maakte een ongekende precisering en abstrahering ervan mogelijk. De geboorte van filosofie en wetenschap in de klassieke Griekse cultuur kan volgens hem daarom niet worden losgezien van de introductie van het fonetische schrift.
In de derde plaats maakte het schrift dat de cognitieve structuur van het individu deel ging uitmaken van een bovenindividueel netwerk. De individuele cognitieve structuur werd onderdeel van een meer omvattende structuur, waardoor de beperkingen van de individuele geest ten dele konden worden overwonnen. Waar de moeizaam verworven kennis eerst grotendeels verloren ging met de dood van het individu, daar transformeerde het schrift deze eindige kennis tot een blijvend deel van een in omvang vrijwel ongelimiteerd collectief geheugen. De impact hiervan is vergelijkbaar met het koppelen van een computer aan een zich steeds uitbreidend netwerk.
Gedurende een groot aantal eeuwen is het schrift een elitaire aangelegenheid gebleven en daardoor evolutionair niet erg belangrijk. De uitvinding van de boekdrukkunst in de vijftiende eeuw heeft echter geleid tot een ongekende toename van het collectieve geheugen. 500 Jaar is wellicht niet lang genoeg voor directe zichtbare evolutionaire effecten maar de enorme uitbreiding van het collectief geheugen heeft er wel voor gezorgd dat er meer dingen uitgevonden werden en dat de kennis die er opgedaan werd voor iedereen beschikbaar werd. De invloed die kennis op het menselijke evolutieproces zou kunnen hebben wordt in het laatste hoofdstuk beschreven. Mede door de meer recente digitale opslag is de hoeveelheid en toegankelijkheid van de beschikbare informatie zo groot geworden dat een *information overload* het gevolg is (Mul, J. de, 1996).

<u>Ontwikkeling 2</u>: Een omslag: Drastische vermindering van het aantal nakomelingen per gezin in ontwikkelde landen, vooral bij rijken.



Figuur 4: Afname van de fertiliteit in Europa (Borgerhoff Mulder, 1998)

Demographic Transition

Hoewel aanvankelijk de bevolking enorm is gestegen, is over de laatste 150 jaar een sterke afname in de Europese bevolkingsgroei waargenomen (Borgerhoff-Mulder, 1998). Binnen 30 jaar is het gemiddelde aantal kinderen per familie gehalveerd. In sommige landen, zoals Duitsland, heeft dit geleid tot een negatieve bevolkingsgroei waarbij de groei afhankelijk is van immigratie (Borgerhoff-Mulder, 1998). Dit fenomeen staat beter bekend als 'the Demographic Transition'. Er hebben ook demographic transitions, oftewel grote veranderingen in demografie, plaatsgevonden in andere gebieden, ik zal me nu echter concentreren op de Demographic Transition in Europa.
Opvallend is dat binnen de Europese populatie de rijke sociale klassen minder overlevend nageslacht produceerden dan de lage sociale klassen (Vining, 1986). Het vermoeden bestaat dat dit samenhangt met de industriële revolutie die in deze periode plaatsvond in Europa (Harpending & Rogers, 1990).

Social class	Surviving children per married couple
Professional	2.94
Lower white collar	3.38
Skilled manual	3.82
Semiskilled manual	3.79
Unskilled	3.88
Textiles	3.31
Coal mining	4.45
Agricultural labourers	4.57

Figuur 5: Aantal overlevende kinderen per getrouwd stel ingedeeld op sociale status; 1911, Engeland en Wales (Vining, 1986).

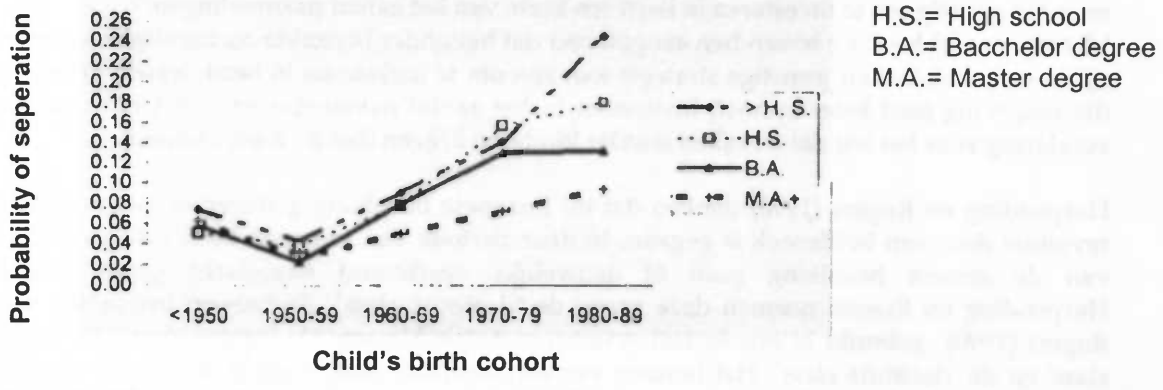
Het lijkt tegenstrijdig met de evolutietheorie dat mensen in een betere omgeving minder kinderen krijgen. Bij dieren is dit immers precies andersom (Krebs & Davies, 1997). Er zijn dan ook mensen die het bestaan van de Demographic Transition zien als het bewijs dat de mens niet meer evolueert (Tooby & Cosmides, 1990). Dit komt echter voort uit het misverstand dat veel nakomelingen gelijk staat aan een hoge fitness (Barrett et al., 2002). Dat hoeft niet altijd zo te zijn. In een slechte omgeving is het juist een evolutionair goede strategie om weinig kinderen te hebben en daar dan veel in te investeren. Sterker nog, het bestaan van de Demographic Transition is zelfs het bewijs dat mensen nog steeds evolueren. Als de evolutie immers gestopt is in de jager-verzamelaar periode, zouden we nog steeds reageren als normale dieren: veel nakomelingen produceren in een rijke omgeving (Serge Daan, mondelinge bron).

Rogers (1990) heeft een evolutionair model gemaakt dat bezit incorporeert als factor in de evolutie. De relatie tussen bezit en lange termijn fitness blijkt sterker dan de relatie tussen het aantal nakomelingen en lange termijn fitness. In een arme omgeving is deze relatie het sterkst en is het gunstig om te investeren in bezit ten koste van het aantal nakomelingen.
Met zijn model heeft hij bovendien aangetoond dat het onder bepaalde omstandigheden voor rijken een evolutionair gunstige strategie kan zijn om te investeren in bezit, terwijl armen in die omgeving juist beter kunnen investeren in het aantal nakomelingen. Dit biedt dus een verklaring voor het feit dat de rijken minder kinderen krijgen dan de arme mensen.

Harpending en Rogers (1990) denken dat de Europese bevolking gedurende de industriële revolutie door een bottleneck is gegaan. In deze periode van armoede heeft een groot deel van de armere bevolking geen of nauwelijks overlevend nageslacht geproduceerd. Harpending en Rogers noemen deze groep de 'destitute class'. Zij hebben het model van Rogers (1990) gebruikt in een sociaal systeem met drie klassen. De 'upper class', de 'lower class' en de 'destitute class'. Het bestaan van een destitute class, zorgde ervoor dat m.n. de lower class er goed aan deed om meer te investeren in bezit om zo te voorkomen dat hun nageslacht zou afglijden naar de destitute class, wat een enorme verspilling van reproductieve energie zou betekenen. Uiteindelijk worden alleen de mensen die genoeg in bezit hebben geïnvesteerd om hun nageslacht uit de destitute class te houden, vertegenwoordigd door nageslacht in de volgende generatie. Dat betekent dat er in een relatief korte periode een bottleneck geweest is met een positieve selecitie voor investeren in bezit.

De 'embodied capital theory' van Kaplan (2002) biedt ook een evolutionaire uitleg voor de afname van het aantal kinderen. In tegenstelling tot bezit in de vorm van geld, kamelen of land wordt met embodied capital het 'kapitaal' bedoeld wat een mens heeft opgeslagen in zijn lichaam. In absolute zin zijn dat spieren, organen en bij de mens vooral hersenen. Belangrijker is echter embodied capital in functionele zin, dan betekent het de kennis en vaardigheden die een persoon heeft opgedaan. Kaplan vermoedt, dat het lagere aantal kinderen veroorzaakt wordt door veranderingen in de opbrengst van investering in embodied capital. Door een verandering in de economie gedurende de industriële revolutie werd de vraag naar goed opgeleide mensen omhoog en gingen zodoende de lonen voor deze groep omhoog. Hierdoor loonde het om veel te investeren in de opleiding van kinderen. Dit effect werd versterkt door betere gezondheidszorg. Doordat veel ziektes genezen konden worden, ging de mortaliteit omlaag. Hierdoor wordt de kans sterk verkleind dat een kind voortijdig sterft, waardoor de kans dat je in de opleiding van een kind investeert dat toch doodgaat ook afneemt. Een ander effect van een lage mortaliteit is dat het voor ouders makkelijker wordt om te plannen hoevel kinderen ze grootbrengen. Het aantal dat op de wereld gezet wordt, is bijna even hoog als het aantal kinderen dat opgroeit tot volwassene. Plannen van het aantal nakomenlingen wordt nog versterkt door het gebruik van de pil. Pérusse (1993) suggereert dat het gebruik van de pil zelfs de reden is voor een lagere fertiliteit. In zijn onderzoek toont hij aan dat succesvolle mannen meer paren en zodoende in potentieel meer kinderen zouden kunnen verwekken. Het verklaard echter nog niet waarom mensen met een hoog inkomen of een hoge opleiding er voor kiezen om weinig kinderen te hebben. Bovendien begon de Demographic Transition in Europa al voordat de pil gebruikt werd.

Kaplan (2002) toont in zijn onderzoek aan Amerikaanse huishoudens dat hoge investeringen in zowel het eigen embodied capital als het embodied capital van kinderen een vertraging in de voortplanting tot gevolg heeft. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een hogere selectiviteit in de partnerkeuze. Mensen die hoog opgeleid zijn hebben minder en later kinderen dan laag opgeleide mensen (Kaplan, 2002). Bovendien verhoogt een vertraging in reproductie de kans dat mensen uiteindelijk geen kinderen krijgen aanzienlijk. Echter, Kaplan (2002) toont ook aan dat hoger opgeleide mensen 5 maal zo weinig echtscheidingen hebben dan lager opgeleide mensen.
Het zou dus toch wel een goede reproductieve strategie kunnen zijn om selectief te zijn en veel te investeren in embodied capital. Als de resultaten van Kaplan op deze manier geinterpreteerd worden, ondersteunt het de resultaten en ideeën van Rogers en Harpending (1990)



Figuur 6: Effect van educatie op de kans op een scheiding weergegeven als de kans dat de vader niet meer samenleeft met zijn kind voordat het 6 jaar is (Kaplan, 2002).

<u>Ontwikkeling 3:</u> Gebruik van genetica voor het oplossen van sociale problemen: Eugenetica

Figuur 7: Een groep arme mannen houden borden omhoog die ze van de eugenetica beweging hebben gekregen op Wallstreet, New York (State Historical Society of Wisconsin, 1997).

Eugenetica:

Door een ingewikkelde sociale structuur is het mogelijk geworden om met beleid op grote schaal invloed uit te oefenen op bijvoorbeeld reproductie. Het verschil in het aantal kinderen van arme en rijke families, zal er misschien mede de oorzaak van zijn geweest dat beleid gebruikt werd om de uitwassen in de sloppenwijken van grote industriesteden te remmen. Deze mensen werden, evenals zwakzinnigen en gehandicapten gezien als een zware last voor de samenleving.

Evolutie leek niet meer op mensen van toepassing. Als de zwakken niet langer uitgeselecteerd werden door natuurlijke competitie, moest hun voortplanting beperkt worden, zo dachten verschillende groeperingen (Bowler, 1990). In dit hoofdstuk zal ik een kort overzicht geven van wat Eugenetica de afgelopen eeuw heeft betekend, en wat de gevolgen zijn geweest van deze manier van denken.

'Eugenics' was Francis Galton's naam voor een programma van door de staat gecontroleerde reproductie waarbij mannen en vrouwen met positieve kwaliteiten werden gestimuleerd om te trouwen en kinderen te krijgen. De zwakkeren werden juist belemmerd om hun eigenschappen door te geven aan volgende generaties door ze te steriliseren of van de maatschappij te isoleren (Bowler, 1990).

Dit programma had grote gevolgen in het begin van de twintigste eeuw. In zowel Duitsland als Amerika werden geestelijk gehandicapten gesteriliseerd terwijl deze mensen in Groot-Brittannië in instituten werden opgesloten en afgescheiden van de samenleving om te voorkomen dat ze zich zouden voortplanten (Bowler, 1990).
Biologen rechtvaardigden het idee dat inferieure eigenschappen erfelijk bepaald waren en niet konden worden veranderd door opleiding of een verandering van omgeving. Het idee dat menselijke eigenschappen direct werden bepaald door overerving heeft volgens Bowler (1990) ook geleid tot een bloei in de wetenschap omtrent dit gebied. De genetica zou nooit zo snel ontwikkeld zijn ware het niet voor de sociale belangen die met erfelijkheid gepaard gingen (Bowler, 1990).

Biologie heeft een aanzienlijke sociale en politieke impact gehad, waar het praktizeren van eugenetica (1900-1940) een onderdeel van was. Eugenetica was een beweging die biologie en met name genetica als de oplossing van sociale problemen zag. Deze beweging was actief in de eerste helft van de twintigste eeuw in de Verenigde Staten, Engeland, Duitsland, Scandinavië, Frankrijk, verschillende Latijns Amerikaanse landen, Italië en Rusland (Stamhuis, 2002). Het doel van Eugenetica was om de verscheidene groepen zwakkeren te elimineren door ze niet te laten voortplanten en hun 'slechte' genen zodoende niet in de volgende generatie terecht kwamen. Volgens Stamhuis (2002) is deze visie gebaseerd op een naïeve interpretatie van de Mendelse genetica, waardoor men er van overtuigd was, dat een individu bepaald werd door zijn genen en dat de omgeving nauwelijks invloed had. Later werd deze visie 'genetisch determinisme' genoemd (Stamhuis, 2002).

De grootste Eugenetica-bewegingen waren te vinden in de VS, Groot Brittanie en Duitsland. Maar er werden congressen gehouden waar Eugenetica bewegingen uit de hele wereld bijeen kwamen. De drie grootste waren in Londen (1912 en 1921) en in New York (1932) (Stamhuis, 2002). Hoewel de verschillende Eugenetica bewegingen dezelfde ideeën hadden, waren er wel locale nuances. De Britten hielden zich bezig met de hoge vruchtbaarheid en de erfelijke mentale ontaarding van de arbeidersklasse in de grote steden. De Amerikanen concentreerden zich op de zwakzinnigen die de uit hun voegen barstende gekkenhuizen en gevangenissen bevolkten, en na de eerste wereldoorlog op de vermeende genetische gebrekken van immigranten die met grote getalen Amerika binnen wilden. In Duitsland maakte men zich zorgen om de psychische patiënten in het algemeen en de aangeboren

doven, blinden en zwakzinnigen. Rassen werden pas belangrijk na de overname door de Nationaal Socialisten in 1933 (Stamhuis, 2002).

Voor 1933 waren de Amerikanen het meest actief op het gebied van eugenetische wetgeving. De eerste onvrijwillige sterilisatie vond plaats in 1907 in Indiana. Tegen 1935 hadden meer dan 30 staten dergelijke wetten en tegen de jaren '60 waren er 60.000 mensen onvrijwillig gesteriliseerd in de VS. Hetzelfde resultaat werd behaald in Zweden, waar een sterilisatiewet in 1934 er toe leidde dat er ook 60.000 mensen gesteriliseerd werden, alleen betreft het hier een veel groter aandeel van de bevolking (Stamhuis, 2002).

In andere landen werd deze ontwikkeling enigzins geremd door het katholicisme. Zaken als abortus, sterilisatie en geboortebeperking kwamen niet overeen met de christelijke moraal (Stamhuis, 2002). De invloed van religie op geboorteregulatie zal uitgebreider in hoofdstuk vier aan bod komen.

Na de overname door nazi's in Duitsland in 1933 werd ook een 'Wet ter preventie van genetisch ziek nageslacht' ingevoerd. Deze wet leidde tot 400.000 onvrijwillige sterilisaties van mensen zowel binnen als buiten instituten voor 1940. De Duitse wet was gebaseerd op de Amerikaanse wet die al in 24 Amerikaanse staten geldig was (Stamhuis, 2002). Verdere slachtoffers van de Tweede Wereldoorlog werden ook grotendeels selectief gekozen: 6 miljoen Joden en duizenden zigeuners en homosexuelen werden omgebracht (Bartlett, 1997).

Mede ten gevolge van de tweede wereldoorlog is 'eugenetica' een zwaar beladen begrip geworden, dat negatieve associaties oproept. Eugenetica behoort echter nog niet tot een grijs verleden. In Zweden werd eugenetica nog tot 1976 toegepast (Bartlett, 1997). In Amerika bestaan er nog steeds Eugenetica organisaties, alleen werken ze vaak onder een iets neutralere naam. De 'American Eugenics Society' heeft sinds 1973 haar naam veranderd in 'Society for the Study of Social Biology' maar daarmee blijven de doelstellingen hetzelfde (Eugenics Watch).

Het politieke gevaar van eugenetica is dat het niet alleen gebruikt wordt om de fysieke condities van de mens te verbeteren, maar ook als een instrument om sociale controle uit te oefenen. Aldous Huxley schreef in zijn utopische horror-scenario 'Brave New World' dat eugenetica gebruikt kan worden om "dangerous thoughts about the social system" who "infect others with their discontents" te controleren. Ouders geven ten slotte niet alleen hun genen door aan hun kinderen, maar ook hun kennis, normen, waarden en meningen. Daarom gaan volgens Bartlett (1997) eugenetica en totalitarisme hand in hand.

In de huidige samenleving werpen moderne technieken een nieuw licht op eugenetica. In het volgende hoofdstuk zal ik ingaan op de mogelijkheden van deze technieken en de daar eventueel mee gepaard gaande consequenties voor de toekomst van de mensheid.

<u>Ontwikkeling 4:</u> Opkomst van de voortplantingstechnologie

An American couple, Lisa and Jack Nash, were the first to conceive a "designer baby", in August 2000.

Figuur 8: Een amerikaans stel, Lisa en Jack Nash, waren de eersten met een 'designer baby' in augustus 2000. Onderzoekers van het Monash Institute of Reproduction and Development willen drie 'designer babies' maken om stervende zuigelingen te redden. Nadat de babies geboren zijn, wordt wat van hun weefsel gebuikt om kinderen te behandelen die leiden aan Fanconi's anaemia, een zeldzame bloedziekte. De procedure houdt in dat er embryo's gemaakt worden met IVF, waarna de embryo's die het gen voor de ziekte dragen en de embryo's die geen perfecte match zijn voor het zieke kind, worden vernietigd. (Australasian Bioethics Information, Friday, 28 December 2001)

Invloed van de mens op haar eigen evolutie

De mens is dus binnen een paar duizend jaar toegenomen van vermoedelijk een paar duizend mensen in Afrika tot de 6 miljard mensen die de wereld vandaag de dag bevolken. Over de laatste 150 jaar lijkt die explosieve bevolkingsgroei te temperen in rijke landen doordat mensen o. a. later kinderen krijgen (Kaplan, 2002). De mens heeft in de afgelopen eeuw geprobeerd haar eigen evolutie te sturen door het verwijderen van de 'zwakkeren' uit de gene pool. Maar de grootste ontwikkeling in de evolutie van de mens staat mogelijkerwijs nog voor de deur.

Lee Silver (1997) voorspelde in een uitzending van het VPRO-programma Tegenlicht (8 december, 2002) dat biotechnologie de nieuwe sleutel tot evolutie wordt. De mens is namelijk in staat om aan het DNA, de basis van het leven en de evolutie, te knutselen. Hierdoor kan de factor *mutatie* worden vervangen door genetische modificatie. De factor *natuurlijke selectie* kan worden vervangen door selectie door de mens op basis van screening van gewenste eigenschappen. Als deze technieken op grote schaal zullen worden toegepast, kan er zeker sprake zijn van 'veranderen van de evolutie'. Ik zal proberen in te schatten wat we van deze technologie kunnen verwachten en wat de beperkingen zullen zijn.

4.1 Wat zijn de mogelijkheden?

Hoe kunnen genen coderen voor eiwitten en hoe kunnen eiwitten zich vouwen in structuren die cellen nodig hebben en hoe kunnen deze moleculen ontwikkelen in weefsels, organen en mensen? Het begrijpen van deze processen hangt samen met ontwikkeling van computers die deze data kunnen verwerken (Fukuyama, 2002, p.74)
Identificatie van genen betekent nog niet dat we ook weten wat die genen doen. In de laatste twintig jaar is er veel vooruitgang geboekt betreft genen die betrokken zijn bij taaislijmziekte, sikkelcel anemia en ziektes als het chorea van Huntington. Maar dit zijn allemaal relatief simpel te achterhalen genetische foutjes die te herleiden zijn tot een verkeerd allel of sequentie in een enkel gen. Andere ziektes worden veroorzaakt door meerdere genen die complexe interacties hebben: sommige genen controleren de expressie van andere genen. Anderen hebben op een complexe manier interactie met de omgeving, sommigen hebben twee of meerdere effecten, en sommige genen hebben effecten die niet zichtbaar zijn tot op latere leeftijd (Fukuyama, 2002, p.74).

Hoe ingewikkeld het ook allemaal mag lijken, de mogelijkheid bestaat dat klonen en genetische manipulatie van mensen ooit tot de werkelijkheid gaan behoren. Er zijn genoeg mensen die zich daadwerkelijk zorgen maken. Lee Silver (1997), Francis Fukuyama (2002) en Gregory Stock (2002) zijn drie gerespecteerde namen die ieder een boek hebben gewijd aan dit betreffende onderwerp. De Volkskrant heeft afgelopen jaar een discussierubriek aan het thema 'klonen van mensen' gewijd en tegenlicht besteedde er een uitzending aan (VPRO, 8 december, 2002). Is het slechts de controversialiteit van het onderwerp die dit tot zo'n vaak besproken thema maakt dat zoveel mensen aanspreekt? Of moeten we serieus rekening gaan houden met de mogelijkheden van deze technieken?

In dit hoofdstuk zal ik een korte beschrijving geven over de eventuele mogelijkheden van biotechnologie toegepast op mensen. Vervolgens zal ik een samenvatting geven van de ethische discussie die ondermeer in de Nederlandse kranten is gevoerd het afgelopen jaar. Ten slotte zal ik me buigen over de wenselijkheid van preventieve wetgeving omtrent dit onderwerp.

De eerste stap op weg om ouders een grotere controle over het genetisch ontwerp van hun kind te geven, zal volgens Fukuyama (2002) niet van genetische modificatie komen, maar van preimplantaire genetische diagnose en screening. In de toekomst zou het mogelijk worden voor ouders om hun embryo's automatisch te laten screenen op een grote variëteit aan

genetische afwijkingen en alleen het embryo dat goedgekeurd is te implanteren (Fukuyama, 2002, p. 75)

Een andere technologie die een rol zou kunnen gaan spelen is het klonen van mensen. Volgens Lee Silver zet klonen de evolutie stil (inteview met Wassink, 2002). Dat is misschien wat overtrokken aangezien het mutatieproces gewoon door gaat, maar het zou wel degelijk een drastische vertraging van de ontwikkeling van het genenpakket betekenen doordat kruising en recombinatie niet meer mogelijk is.

Figuur 9: Dolly.

Ian Wilmut's succes bij het klonen van schaap Dolly in 1997 (Kolata, 1998) heeft geleid tot een wereldwijde discussie over het klonen van mensen. Het verzoek van de toenmalige president Clinton aan de National Bioethics Advisory Commission om advies heeft in de Verenigde Staten geleid tot een aanbeveling om geen federale subsidies te verlenen aan projecten die zich bezig houden met het klonen van mensen. Het is echter nog steeds mogelijk om onderzoek te doen naar het klonen van mensen door organisaties die niet door de staat gesubsidieerd worden. Dr. Alan Colman, directeur van het bedrijf PPL Therapeutics dat hielp bij het klonen van Dolly, vreest het ergste. Hij denkt dat pogingen om een mens te klonen zullen falen, en omdat er in het geheim gewerkt wordt, is hij bang dat we van alle mislukkingen niets te horen krijgen (geciteerd in Becker, 2001).

Er zijn verschillende partijen in de race om de eerste menselijke kloon te maken.
De embryologist Severino Antinori is bekend geworden door bij een 63-jarige vrouw een bevrucht donorei te implanteren, waardoor ze de oudste vrouw ooit is die een baby kreeg. Inmiddels is hij voornamelijk in de publiciteit doordat hij heeft aangekondigt dat hij van plan is een mens te klonen.

Figuur 10: Antinori (l) en Zavos (r).

Dr. Antinori heeft een vruchtbaarheids-kliniek in Rome en wil zijn methode van het klonen van mensen beschikbaar maken voor koppels die zelf op geen enkele manier kinderen kunnen krijgen, bijvoorbeeld als de man geen sperma produceert. Genetisch materiaal van de vader zou geïnjecteerd worden in de eicel, dat in de baarmoeder geïmplanteerd wordt. Het resultaat is een kind dat in theorie dezelfde fysieke eigenschappen heeft als de vader. Antinori heeft aan een Italiaanse krant laten weten dat zich al 1.500 koppels hebben aangemeld voor zijn onderzoeksprogramma (BBC news, 2001).
Antinori werkt in nauwe samenwerking met Dr. Panos Zavos, een Amerikaanse ivf-deskundige. Zavos opereert binnen het bedrijf 'Clonaid', dat is opgericht door de religieueze Raëliaanse sekte, die ervan uitgaat dat mensen als klonen van buitenaardse wezens zijn ontstaan (Becker, 2001). De religieuze sekte zegt inmiddels vijftig vrouwelijke leden bereid te hebben gevonden om de gok te wagen. Volgens Gregory Stock (2002), geneeskundig directeur aan de Universiteit van Californië, hebben ze voldoende in huis voor een gedegen poging. Maar als zij niet slagen, is er volgens hem binnen vijf jaar een ander die het klaarspeelt.
De technische obstakels zijn volgens Fukuyama (2002, p.76) kleiner dan bij preïmplantatie diagnostiek of genetische modificatie en eventuele bezwaren hebben meer te maken met veiligheid en ethiek betreft het experimenteren met mensen. Volgens Jos Wassink (2002) geeft het heersende taboe op de gekloonde mens excentriekelingen een uitgelezen kans om geschiedenis te maken. Nu er verschillende partijen in de race zijn om de eerste gekloonde mens daadwerkelijk geboren te laten worden, zou het aldus Wassink (2002) inderdaad wel

eens snel kunnen gebeuren. Kennelijk zijn er vrouwen bereid gevonden tot ingrijpende hormoonkuren met superovulaties als gevolg, want klonen is bij andere diersoorten bovenal een kwestie geweest van grote aantallen en lage scores. Van de experimenten die met dieren zijn uitgevoerd weten we dat het klonen niet zonder gevaar is: overgewicht, miskramen en vroeggeboorten komen veel meer voor dan bij normale zwangerschappen (Wassink, 2002).
Zo waren er om Dolly te maken honderden eicellen, een tiental draagmoeders en vele miskramen 'nodig'. Desondanks zijn er inmiddels ook kloonrunderen, -geiten, -varkens en -muizen op vergelijkbare wijze op de wereld gezet (Nijland, 2000). Klonen lijkt dus vooralsnog onvoldoende veilig, maar de kloontechniek zou in de toekomst best sterk verbeterd kunnen worden.
De doorbraak van de eerste reageerbuisbaby werd ook voorafgegaan door talloze opgeofferde eicellen en teloor gegane embryo's. In 1978 kwam de eerste reageerbuisbaby, Louise Brown, ter wereld. Zij kreeg een warm welkom, zij het dat er naderhand nog wat ethisch geknokt werd over de toelaatbaarheid van de gemanipuleerde menselijke voortplanting. Dat was echter bedaard toen in 1983 in het Dijkzigt-ziekenhuis in Rotterdam de eerste Nederlandse ivf-baby ter wereld kwam.
Als er vraag is, zal er ook geleverd worden, aldus Silver (1997). Door de enorme drang bij de mens naar eigen nageslacht en niet te vergeten de enorme bedragen die daarbij om gaan - bij een Amerikaanse ivf-kliniek is een echtpaar tussen de 75 duizend en 380 duizend gulden kwijt, citeert Silver - zullen zelfs moreel verwerpelijke of gevaarlijke technieken worden toegepast (Nijland, 1998).
Inmiddels is IVF een geaccepteerde en veel gebruikte methode om kinderen te verwekken, hoewel we nog altijd weinig weten over potentiële gevolgen voor bijvoorbeeld de kinderen van reageerbuisbaby's en hun kansen op nageslacht. Het zou best kunnen dat de afkeer van klonen vanzelf bijdraait als het eenmaal zo ver is. En zelfs als het niet de publieke opinie meekrijgt, zal het volgens Silver een onvermijdelijke ontwikkeling zijn. De lokkende kracht van het geld in de vrije markteconomie van de VS, of anders wel in Azië of Zuid-Amerika, is groot en de emotionele druk van echtparen die op geen enkele wijze een eigen kind kunnen krijgen is intens. Silver concludeert hieruit dat wanhopige koppels zich zullen willen en ook kunnen laten klonen. Zelfs al kost een dergelijke conceptie een waanzinnig bedrag, ook al worden enkele ondernemers er steenrijk van, en ook al is de hele weldenkende wereld tegen. En waarom ook niet, vraagt Silver zich af.

Klonen hebben een slecht imago, waar mensen negatieve associaties bij hebben. Klonen is een dankbaar onderwerp voor romanciers. Aldous Huxley zette met Brave New World de sombere toon waarmee het onderwerp doorgaans wordt behandeld. Maar 'The Boys from Brazil, waarin Ira Levin het klonen van Hitler beschrijft, is waarschijnlijk het meest aangehaalde boek in de kloon-hype.
Dat aanvankelijke afgrijzen is inmiddels wat verstild. Zo laten veel overheden inmiddels het zogeheten 'therapeutisch klonen' mondjesmaat toe. Daarbij proberen onderzoekers weefsels, en misschien ooit organen te vormen, vanuit losse cellen. Het gebruik van de kloontechniek is slechs een hulpmiddel om voor de patiënt pasklare weefsels te maken die niet worden afgestoten (Nijland, 2000).

Volgens Jos Wassink (2002) is klonen een overschatte techniek. Bestaande individuen klonen heeft zeer beperkte toepassingen en de klonen zelf zullen niet meer of minder bijzonder zijn dan gewone mensen. Maar volgens Silver (1997) gaat de werkelijke betekenis van de kloontechniek een stap verder: het is de opstap naar de genetisch gemodificeerde mens.

Fukuyama (2002) ziet het als de ultieme uitdaging voor genetische technologie om **'designer babies'** te maken. Dat wil zeggen dat genetici genen hebben geïdentificeerd die coderen voor eigenschappen als intelligentie, lengte, haarkleur, agressie, zelfvertrouwen etc. en deze kennis gebruiken om een 'betere' versie van het kind te maken. Het betreffende gen zou theoretisch niet eens afkomstig hoeven zijn van een mens. Ouders kunnen zelf het ideale kind ontwerpen en erfelijke ziektes zullen tot het verleden behoren.

Volkskrant-columnist Ronald Plasterk en NRC-columnist Piet Borst waarschuwen voor al te hooggespannen verwachtingen. Borst (2000) wees erop dat de functies van de meeste genen van de fruitvlieg inmiddels wel bekend zijn, een stap die bij de mens nog lang niet is gezet, maar dat het voor ons nog een raadsel is hoe nu een verbeterde versie van dit simpele diertje te maken. En Plasterk, die naam maakte met het genetisch in kaart brengen van een wormpje met 959 lichaamscellen, mengde zich onlangs in het kind-op-bestelling-debat met de uitspraak dat over 25 jaar nog altijd meer dan 95 procent van de kinderen gewoon in bed wordt verwekt. Gaat u rustig slapen, luidt de impliciete suggestie.
Die houding is volgens Obbema (2001) ongepast, want de genetische revolutie is te belangrijk om aan de wetenschap alleen over te laten. Niet alleen heeft het verleden ons geleerd dat wetenschappers met de beste bedoelingen de meest dodelijke wapens kunnen uitvinden, maar bovendien toont datzelfde verleden aan hoe snel de ontwikkelingen op DNA-vlak gaan. Wie het vijfentwintig jaar geleden had over gekloonde schapen, transgene apen, gemanipuleerde soja en genetische screening bij prenataal onderzoek zou voor een fantast zijn uitgemaakt. Inmiddels zijn al die verschijnselen werkelijkheid geworden en valt een versnelling van de ontwikkelingen te voorspellen. De genetische revolutie krijgt steun van de digitale; de computerkrachten die het Human Genome Project aanzienlijk hebben versneld, worden ook losgelaten op allerlei andere DNA-projecten (Obbema, 2001). De Amerikaanse computerexpert Ray Kurzweil heeft om die reden de verwachting uitgesproken dat we de komende twintig jaar meer veranderingen zullen ervaren dan in de gehele twintigste eeuw (geciteerd in Obbema, 2001).
Of dat waar is staat te bezien, maar de versnelling die door de combinatie van informatica en gentechnologie plaatsvindt, is een voor iedereen onbekende grootheid. De positie van voorzichtige wetenschappers die beweren dat het allemaal zo'n vaart niet zal lopen, wordt daardoor verzwakt. Zij lijken wel een aantrekkelijke middenpositie tussen zwartgalligen en optimisten in te nemen, maar ook zij weten het niet (Obbema, 2001).

4.2 Evolutionair effect van biotechnologie op mensen

Afgezien van de vraag of dit allemaal kan; om van enige evolutionaire betekenis te zijn, moet een nieuwe techniek op grote schaal aanslaan. Dat het zover zal komen wat betreft het modificeren van intelligentie, verwerpt Ritsema (2002) in het NRC Handelsblad. Ten eerste omdat deze eigenschap ongelooflijk ingewikkeld traceerbaar is - waarschijnlijk zijn er honderden genen bij betrokken. De ingewikkelde oorsprong van intelligentie betekent dat ze niet eenvoudig genetisch manipuleerbaar zal zijn. De andere reden is dat volgens haar bijna iedereen tevreden is met z'n eigen intelligentieniveau. Mensen willen altijd wel graag mooier of rijker zijn, maar ze zeggen zelden van zichzelf dat ze eigenlijk te dom zijn, zo redeneerd Ritsema. Als mensen tevreden zijn met hun eigen intelligentie, dan zullen ze zich ook geen zorgen maken over de slimheid van hun kinderen, want die wordt toch door de ouders bepaald, zowel direct via de genen als indirect via het opvoedingsmilieu (Ritsema, 2002).

Een technische beperking van de mogelijkheid tot het modificeren van mensen heeft te maken met **populaties**. Zelfs als het lukt om een geslaagde designer baby te maken, zal de 'menselijke aard' niet veranderen tenzij die veranderingen plaatsvinden op een statistisch significante manier voor de populatie als geheel.
Fred Iklé (in Fukuyama, 2002) beweert dat elke toekomstige poging om het menselijk ras genetisch te verbeteren bedolven zal worden door de natuurlijke populatie groei. (Fukuyama, 2002, p.79) Betekenen al deze beperkingen van genetische technologieën dan dat het geschetste beeld van designer babies niet realistisch is? Er zijn verschillende redenen om nieuwe technologiën niet te snel naar het rijk der fabelen te verbannen. Ten eerste gaan technologische ontwikkelingen soms sneller dan verwacht. Eind jaren '80 was de consensus van genetici dat het onmogelijk zou zijn om een zoogdier te klonen uit volwassen somatische cellen (Fukuyama, 2002). Met Dolly werd in 1997 het tegendeel bewezen.
Van het Human Genome Project voorspelde men in de jaren '90 dat het project tussen 2010 en 2020 afgerond zou worden. Uiteindelijk was het werk al in juli 2000 voltooid(Fukuyama,

2002, p.79). Bovendien zijn er wel degelijk voorbeelden te noemen waarbij nieuwe medische technologiën een effect hadden op populatie-niveau ten gevolge van keuzes van miljoenen individuen. In Korea bijvoorbeeld, werden er 122 jongens geboren in begin jaren '90 op 100 meisjes. Normaal is dat 105 op 100. In China ligt het iets minder extreem: 117 jongens op 100 meisjes. Dit heeft volgens schattingen van de econoom Amartya Sen (in Fukuyama, 2002) geleid tot een absoluut tekort van 100 miljoen meisjes. In deze landen is abortus als middel voor sexe-selectie verboden, maar ondanks druk van de regering heeft het verlangen van ouders om een mannelijke erfgenaam te hebben de sex ratio's aardig verschoven (Fukuyama, 2002, p.80).

In hoeverre nieuwe technologiën aan zullen slaan bij het grote publiek, hangt voor een groot deel samen met de publieke opinie omtrent dit onderwerp. De Volkskrant heeft een enquête laten uitvoeren over de meningen over genetische modificatie waaruit blijkt dat naar de opvattingen van Nederlanders de huiver groot is. Genetische modificatie wordt niet zonder meer van de hand gewezen, maar de afkeer ervan is virulent en neemt toe naarmate de levensvorm hoger wordt. Stoeien met het erfelijk materiaal van planten kan voor velen nog wel door de beugel, maar dieren moeten we als het even kan met rust laten en de mens mag al helemaal niet genetisch worden bijgeschaafd. Als het tenminste aan de gemiddelde Nederlander zou liggen (Obbema, 2001).
Die negatieve houding tegenover een technologische revolutie is volgens Obbema allereerst terug te voeren op een gebrek aan kennis. In Nederland is slechts een handjevol specialisten echt ingevoerd in DNA-onderzoek, op de voet gevolgd door een al even klein aantal wetenschapsjournalisten. Hun wetenschappelijke nuanceringen bereiken het publiek niet of nauwelijks (Obbema, 2001). Maar dit kan ook een kwestie van wennen zijn. Het gebruik van anti-conceptiemiddelen was aanvankelijk ook omstreden, maar wordt nu algemeen toegepast door de meeste nederlandse vrouwen.

4.3 Discussie over de toepassing van voortplantingstechnologie bij mensen

Aangenomen dat er een kans bestaat dat klonen en genetische modificatie van menselijke embryo's tot de mogelijkheden gaan behoren in de toekomst, is dat gewenst? Die discussie kan op twee niveaus gevoerd worden, ik zal hierbij dan ook gebruik maken van zowel utulistische als principiële argumenten. Ik zal de term voortplantingstechnologie in dit stuk gebruiken om alles aan te duiden wat met klonen of genetische modificatie van mensen of embryo's te maken heeft. Voor een kosten/baten-analyse van voortplantingstechnologie zal ik een aantal argumenten geven per belangengroep. Dit is opgedeeld in: kind, ouder, wetenschapper en maatschappij.

Kind

Transacties tussen genen zitten zo ingewikkeld in elkaar, dat de uitkomst vaak niet volledig te voorspellen is. Gegeven het feit dat genen in verschillende levensfasen tot expressie komen, kan het bovendien jaren duren voordat de volledige consequenties van een bepaalde genetische manipulatie aan het licht komen. Hoewel ouders wellicht voor het belang van het kind handelen, heeft het kind er geen stem in of het al dan niet gemanipuleerd is. Het kind is echter wel het slachtoffer als er negatieve bijwerkingen blijken te zijn.

De keuzes van ouders in de eigenschappen die ze hun kinderen zouden willen meegeven zijn ook bepalend voor het welzijn van het kind. Ouders zullen hun kinderen zo goed mogelijk willen toerusten met goede eigenschappen. Maar 'goed' blijkt niet zo'n duidelijk afgebakend begrip als je misschien zou verwachten. Ouders worden in hun keuze beïnvloed door culturele invloeden of wellicht de wens om 'politiek correct' te zijn, maar juist deze normen zijn onderhevig aan verandering. De ene generatie vindt ultradunne meisjes mooi of kinderen met rood haar, dingen die makkelijk kunnen veranderen over een generatie.
Je zou kunnen zeggen dat ouders d.m.v. opvoeding ook een duidelijk stempel op hun kinderen drukken door kinderen hun eigen normen en waarden op te leggen. Dit is echter wel iets waar een kind later eventueel tegen in opstand kan komen en niet iets dat het kind de rest van zijn of haar leven met zich mee zal dragen als een ongewilde tattoo en bovendien gedoemd is aan het eigen nageslacht door te geven.

Een van de nieuwe technologiën die momenteel bestudeerd worden is het implanteren van kunstmatige chromosomen. Dit zou betekenen dat er een extra chromosoom bij de 46 natuurlijke chromosomen wordt geplaatst. Dit kunstmatige chromosoom zou aangezet kunnen worden als de persoon in kwestie de leeftijd heeft bereikt om zijn of haar 'informed consent' te geven en wordt bovendien niet overgeërfd naar de nakomelingen. Kunstmatige chromosomen zouden op deze manier een brug kunnen vormen tussen preïmplantaire diagnostiek en permanente modificatie van de afstammingslijn (Stock & Campbell, 2000). Hoewel het een originele manier is om de keuze voor genetische manipulatie bij het kind zelf neer te leggen, lijkt het me een dubieus of een dergelijke techniek ooit mogelijk wordt. Het lukt ook niet om het ethische dilemma met deze techniek te omzeilen want de implantatie van het chromosoom is zonder toestemming van het kind gebeurd. Bovendien zadel je een kind op met een loodzware keuze waar het zelf grotendeels de verantwoordelijkheid voor draagt, waar het anders niet over na had hoeven denken.

Wat kloneren betreft hoeven kloons hoeven zich volgens Nijland (2000) geen zorgen te maken dat een gedeelde identiteit tot een geestelijke scheuring van de psyche leidt. Onderzoek van de Vrije Universiteit heeft uitgewezen dat althans eeneiige tweelingen niet vaker lijden aan depressies of angststoornissen dan eenlingen of tweeeiige tweelingen (Nijland 2000). Onderzoekers wijzen er bovendien op dat klonen genetisch niet 100 procent identiek zijn, maar dat in de eicel waarin het erfelijk materiaal wordt ingebracht ook specifiek mitochondriaal DNA aanwezig is dat elke kloon toch in zekere zin uniek zal maken. Zelfs eeneïge tweelingen, wel perfecte genetische kopiën van elkaar, zijn toch nog steeds unieke

individuen. De waardigheid van de ene helft van een tweeling wordt ook niet aangetast door het bestaan van de andere helft (De Lange, 1999).
Het Rathenau instituut in Den Haag heeft een proefproces georganiseerd, waarin een kloonkind twintig jaar nadat hij werd geproduceerd uit een lichaamscel van zijn onvruchtbare vader, zijn ouders en de medici aanklaagt die hem op de wereld zetten. Hij zou geboren zijn uit ambitie, niet uit liefde. Bovendien is zijn recht op authenticiteit geschonden en daarmee, als jongere tweelingbroer van zijn vader, ook zijn open toekomst, aldus de aanklacht (Nijland, 2003). De uitkomst van het proces heb ik niet weten te achterhalen. Maar het bezwaar dat 'het recht op een open toekomst' van het kind geschonden wordt, lijkt me zwaar meewegen. Bij eeneïge tweelingen speelt dit vanzelfsprekend geen rol omdat een tweeling altijd even oud is.
Klonen brengt volgens de Lange (1999) vooralsnog onverantwoord hoge sociale, fysieke en psychische risico's voor het gekloonde kind met zich mee. Voor de eerste menselijke kloons zal wellicht gelden dat ze dezelfde gebreken zullen vertonen als kloons van andere diersoorten: overgewicht, miskramen en vroeggeboorten komen veel meer voor dan bij normale zwangerschappen. Zelfs als de technologie uiteindelijk geheel veilig zou zijn, bestaat er nog steeds de kans op psychisch leed. Maar als je aan een toekomstig kloonkind zou vragen of het blij is met zijn bestaan, vermoed ik dat het zal reageren als ieder ander kind. Ik acht het dan ook niet waarschijnlijk dat er kloonkinderen zullen zijn die hun ouders gaan aanklagen. Als de hype van het produceren van de eerste kloon er af is, zal duidelijk worden dat klonen vooral een techniek is die toegepast kan worden ten behoeve van koppels die zielsgraag een eigen kindje willen. Voor een kind lijkt het me heel belangrijk om zo gewenst te zijn. Ik zie dan uiteindelijk ook geen grote bezwaren om niet aan die wens tegemoet te komen.

Ouder
Een ouder wil over het algemeen het beste voor het zijn/haar kinderen. De belangen zijn dus nooit helemaal te scheiden. Toch zal ik enkele argumenten noemen die voornamelijk betrekking hebben op de ouders. De kloontechniek zou bijvoorbeeld een uitkomst kunnen zijn voor kinderloze echtparen met een vurige kinderwens, zoals IVF dat nu al is, maar volgens De Lange blijft dit een lijdensweg die niemand zal verkiezen als het ook anders kan. (De Lange, 1999)

Het kinderwens argument ligt in het verlengde van de discussie rond IVF. Bestaat er een 'recht' op het krijgen van biologisch verwante kinderen? En zo ja, moet dat dan per se via klonen gerealiseerd worden en eventueel op kosten van de gemeenschp net als IVF nu, mogelijk worden? Volgens Schuyt (2003) is het common sense antwoord op deze vraag simpelweg nee.

Maar er schuilt ook een gevaar in het algemeen toepassen van biotechnologie op mensen. Met het beschikbaar worden van een techniek, kan er een keuze gemaakt worden om die techniek te gebruiken of niet. Kijken we straks even fronsend naar de ouders die hun ongeboren vrucht niet genetisch hebben laten onderzoeken, als naar de ouders uit Staphorst die weigeren hun kinderen tegen polio in te enten? Dat klinkt misschien vergezocht, maar nu al is er het geval van een zwaar gehandicapt Frans jongetje dat zijn ouders een proces heeft aangedaan, omdat zij geen DNA-tests hebben uitgevoerd (Obbema, 2001).

Wetenschapper
Een andere factor die een rol kan spelen bij de keuzes van ouders, is de behandelend arts of betrokken wetenschapper. Ouders kunnen met het belang van hun kind in het hoofd zich sterk laten beïnvloeden door iemand die er klaarblijkelijk verstand van heeft. Dat deze personen zich ook vaak laten leiden door wetenschappelijke ambities en idealen mag duidelijk zijn. Een schrijnend voorbeeld hiervan is het jongetje dat een meisje werd. De helft van een mannelijke eeneïge tweeling werd naar aanleiding van een medische fout opgevoed als meisje. Uit wetenschappelijke ambitie werd volgehouden dat het experiment geslaagd was, toegejuicht door de feministische beweging. Het jongetje in kwestie was echter

doodongelukkig en heeft zich op latere leeftijd alsnog laten ombouwen tot man (Colapinto, in Fukuyama, 2000, p.95). Zo kan ik me ook voorstellen dat de motivatie van Zavos en Antinori meer ambitieus is en dat de prioriteit niet ligt bij het welzijn van hun klanten. Mocht klonen of GM echter uiteindelijk een veelgebruikte standaard techniek worden, dan zou dit argument minder zwaar gaan wegen.

Maatschappij
De wetenschapsfilosoof en natuurkundige Joost Poort (1998) pleit ervoor vooruit te kijken als het morele vraagstukken over nieuwe technieken betreft. Einstein, die Roosevelt wees op de mogelijkheid een atoombom te bouwen, had zich moeten bedenken dat hij niet het laatste woord zou krijgen over het gebruik van zijn geesteskind. En het is al te gemakkelijk je achteraf te verweren met 'zo had ik het niet bedoeld'.

Culturele normen kunnen ouders ook verleiden tot het maken van verkeerde keuzes die hun kinderen uiteindelijk schaden. In veel Aziatische culturen is het voordelig voor de ouders om een zoon te hebben omdat ze dan hoger in aanzien staan en omdat hij voor hen kan zorgen als ze later oud zijn. Als door middel van prenatale diagnostiek de keuze voor een jongen of meisje bij de ouders komt te liggen, wordt de natuurlijke ratio door culturele normen beïnvloed. Je zou je kunnen voorstellen dat dit de meisjes schaadt die niet geboren worden. Naarnaast heeft een verschoven sex-ratio een negatief effect voor de jongens als groep, omdat zij later meer moeite zullen hebben om een partner te vinden. Als de mannen die geen vrouw hebben kunnen krijgen, zich ontwikkelen tot een groep waarin relatief meer geweld en criminaliteit voorkomt, zal dit de maatschappij als geheel treffen. (Fukuyama, 2000, p.96). Sommige voordelen die mensen hun kind eventueel zouden willen meegeven zijn bovendien relatief. Een bovengemiddelde lengte kan voordelig zijn in de zin van sexuele aantrekking, sociale status, athletische kansen, enz. Dit is echter relatief. Als veel ouders ervoor kiezen om hun kind langer te laten zijn zodat het mee kan spelen in het nationale basketbalteam, leidt dit slechts tot een wapenwedloop waarbij er geen absoluut voordeel is. Hetzelfde zou kunnen gelden voor intelligentie. Een maatschappij met veel intelligente mensen zou misschien welvarender kunnen zijn voor zover dat met elkaar te maken heeft. Voor de ouders zou het wel eens een illusie kunnen zijn dat hun kind er voordeel bij heeft om intelligent te zijn. Als de beste banen naar de intelligente mensen gaan, neemt het aantal banen nog niet toe met het aantal slimme mensen. Het betekent wel dat mensen die om religieuze of andere redenen hun kind niet genetisch veranderen er nadeel bij kunnen hebben. Dit kan die ouders onder zware druk zetten om hun kinderen toch te laten modificeren uit angst hun eigen kinderen achter te stellen (Fukuyama, 2000, p.97) Als een keuze dus door een individu wordt gemaakt i.p.v. door de staat, betekent dat niet direct dat die keuzes zonder nadelige consequenties zijn (Fukuyama, 2000, p.100). We weten niet wat er gaat gebeuren, dus laten we het maar niet doen, is dan het bekende argument wat ook wel het 'voorzorgprincipe' wordt genoemd. Er zijn vele aspecten van de menselijke aard waarvan we denken dat we het begrijpen en die we eventueel zouden willen veranderen. Deze veranderingen hoeven echter niet positief uit te pakken. Evolutie is een blind proces en volgt de medegenloze logica van het overleven van de individuen die zich het best hebben aangepast op hun omgeving.
Het is vandaag de dag politiek correct om de menselijke eigenschappen als 'vijandigheid' en 'aggressiviteit' te betreuren of zelfs af te keuren. Er zijn echter evolutionaire redenen dat zulke eigenschappen bestaan. Als iedereen lief is voor elkaar is het evolutionair voordelig om dat niet te zijn. Als er iemand in een populatie van lieve mensen alleen aan zichzelf denkt, krijgt die persoon meer toegang tot resources. Het is dus een onstabiele situatie om een populatie met alleen maar lieve mensen te hebben. Dat is volgens het 'Hawk/Dove' principe, wat ik hier niet verder zal uitleggen. Ik wil hier alleen mee benadrukken dat onderscheid maken in 'goede' en 'slechte' eigenschappen heel complex is, zo niet onmogelijk.

Een ander probleem wat hierbij optreed is dat de techniek om mensen te modificeren duur is en daardoor niet voor iedereen beschikbaar. Op deze manier kan er een tweedeling in de maatschappij ontstaan tussen mensen die het zich kunnen veroorloven om hun nageslacht genetisch te modificeren en mensen die dat niet willen of er te arm voor zijn. Deze tweedeling

zou op persoonsniveau kunnen plaatsvinden, maar het kan ook zo zijn dat de rijke westerse landen het kunnen betalen en de armere landen niet. Met genetische modificatie zou het mogelijk kunnen worden om de evolutie spectaculair te laten versnellen. En aangezien het de succesvolle groep mensen blijft die genetische modificatie kan blijven toepassen en de arme groep mensen hier relatief nog armer bij afsteekt, omdat zij wel te kampen hebben met ziektes en dergelijke, kan dit leiden tot een tweedeling. Deze tweedeling zou volgens Silver (1997) zelfs binnen een relatief klein aantal generaties in een soortsplitsing kunnen uitmonden doordat mensen die genetisch gemodificeerd zijn, te sterk afwijken van de natuurlijke mensen waardoor ze samen geen nageslacht meer kunnen voortbrengen (Silver, 1997).

Hoe zou de wereld eruit zien als er ten gevolge van genetische modificatie twee soorten mensen op moeten wonen? Het normen- en waardenpakket wat we als mensen hebben opgebouwd zal volgens Silver wellicht niet langer betrekking hebben op mensen van een andere soort (Silver, 1997). Dat blijkt wel uit hoe moeizaam mensen van verschillende rassen elkaar soms kunnen accepteren.
In het maatschappelijk debat is zulk abstract onbehagen doorgaans kansloos tegen de praktische voordelen op korte termijn, meent Swierstra (geciteerd in Giesen, 2003). Stel dat het klonen van mensen zal uitgroeien tot een probleemloze techniek. Dan zal er ongetwijfeld een beweging ontstaan van mensen die er belang bij hebben, bijvoorbeeld van homo's en lesbiënnes die een kind met eigen DNA willen, of mensen bij wie een ivf-behandeling niet succesvol is.
Zoals bij de meeste ethische kwesties laat zo'n beweging zich niet bestrijden met abstracte en uiteindelijk onbewijsbare cultuurkritiek. De criticus staat meteen te boek als een moralist die anderen hun recht op geluk ontneemt, met paternalistische argumenten: u denkt dat u er gelukkig van wordt, maar ik, de filosoof, weet wel beter!
De tegenstanders van prenatale diagnostiek hebben altijd aangevoerd dat de tolerantie ten opzichte van mongooltjes en andere gehandicapten zal afnemen als het gemeengoed wordt om kinderen vooraf te screenen. Mogelijk hebben zij daar gelijk in, maar ze kunnen het niet bewijzen. De praktische voordelen - de bijna-garantie van een gezond kind - wegen dan ook zwaarder. Waarschijnlijk is ook klonen - ooit, in een verre toekomst - niet tegen te houden.
De meeste mensen kunnen met aanzienlijk meer plezier en tegen lagere kosten een baby langs natuurlijke weg concipiëren. Waarschijnlijk zullen de meeste ouders ook de voorkeur geven aan een kind met eigen DNA dan aan een kind dat langs genetische weg is 'opgevoerd' tot een modelmens.
Swierstra, techniekfilosoof aan de Universiteit Twente zegt (geciteerd in Giesen, 2003) 'Wie wil er klonen? Je hebt mensen die een kloon van zichzelf willen. Dat is een wel heel nare vorm van ijdelheid, die niet zo veel voor zal komen. Dan heb je mensen die een overleden kind willen reproduceren. Volgens mij zal dan blijken dat zo'n kind toch heel anders wordt dan het kind dat je verloren hebt.' Verder zijn er nog homo's en lesbiennes die een genetisch 'eigen' kind willen. Voor beide groepen geldt overigens dat het gemakkelijker is om een donorvader of draagmoeder te vinden. In dit geval is het kind in elk geval voor de helft 'eigen'.
Is Swierstra niet al te luchtig? Klonen kan toch vervelend zijn voor het gekloonde kind? Van de kloon van een muzikant wordt van jongs af aan verwacht dat hij hits gaat scoren. Dat kan inderdaad buitengewoon vervelend zijn. Zo zijn er meer scenario's denkbaar. Een kloon die ziet dat de vrouw waaruit zij gekloond is op haar 45-ste aan borstkanker overlijdt. Een kind heeft recht op een open toekomst, vind ik. Als ouder moet je je ook willen laten verrassen. Ik ben er dus niet voor. Maar vergeleken met alle leed in de wereld vind ik het ook weer niet zo schokkend als er ooit een handjevol mensen is dat een gekloond kind wil. (Giesen, 2003)

In het debat over de concrete vraag 'al dan niet biotechnologie van mensen' is er volgens Swierstra (2000) niet altijd plaats voor morele intuïties. Hij waarschuwt voor regelethiek die mensen ertoe dwingt om hun irrationele, want niet in de regelethiek passende argumenten te laten varen. Het probleem hierbij is dat we na het inventariseren van de geldige argumenten wel zijn uitgepraat, maar nog lang niet zijn uitgetwijfeld.

Gelijkwaardigheid

En hoe maatschappelijk aanvaardbaar is sociale ongelijkheid op genetisch vlak: krijgen rijken straks niet alleen het privilege van grotere huizen en auto's, maar ook van genetische verbetering? Of moet dat worden voorkomen en moeten we ervoor pleiten genetische manipulatie in het ziekenfonds te stoppen? En wanneer mogen we tot dit soort ingrepen overgaan: helpt wellicht het criterium van de Amerikaanse filosoof Allen Buchanan (aangehaald in Obbema, 2001), die stelt dat genetische modificatie niet mag worden gebruikt voor verbeteringen (intelligenter, muzikaler, mooier), maar wel voor behandelingen die erop gericht zijn te voorkomen dat iemand onder de grens van 'normaal menselijk functioneren' terechtkomt?

Of zijn ook die laatste ingrepen discutabel, omdat we dan een wereld zouden kunnen krijgen waarin afwijkingen als blindheid en doofheid niet langer worden getolereerd, want ze kunnen immers worden vermeden? De Amerikaanse filosofe Martha Nussbaum (aangehaald in Obbema, 2001) waarschuwde in dit verband tegen de dwang die voor ouders uitgaat van een genetische 'fix' en wees daarbij op haar eigen gehandicapte dochter. Juist alle pesterijen over haar handicap maakten haar dochter tot een volkomen onafhankelijke persoonlijkheid. Mensen worden denkers, omdat ze geen cheerleaders kunnen worden, merkt Nussbaum op. Als de medische stand al zo ver was geweest, dan zouden artsen bij haar dochter zeker hebben vastgesteld dat zij beneden de grens van 'normaal menselijk functioneren' terecht zou komen - en is het zelfs de vraag of ze wel ter wereld zou zijn gekomen. Nussbaum verzet zich daartegen en waarschuwt tegen het tot norm verheffen van wat als normaal wordt beschouwd (Obbema, 2001).

Aan de hele onderneming van het mensklonen en genetische modificatie ligt de stilzwijgende veronderstelling ten grondslag dat men zou kunnen weten welk menstype beter zou zijn dan een ander en dat de designers precies die afwegingen kunnen maken. Zijn mensen met een lager IQ minder wenselijk dan die met een hoger? Moeten we allemaal Mozartjes worden? Wie beslist daarover? In de wens tot wenskinderen ligt de hoogmoed verborgen dat toch, lekker alle mensen niet gelijkwaardig zijn. Klonen van mensen om deze reden gaat er bovendien vanuit dat de genen allesbepalend zijn voor het latere gedrag van mensen. Bovendien betekent het klonen van mensen een radicale breuk van miljoenen jaren evolutie (Schuyt, 2003).

Menselijke waardigheid

De Franse president Chirac veroordeelde het klonen van mensen niet, zoals zijn Amerikaanseambtgenoot, uit naam van de menselijke uniciteit, maar omdat hier 'de waardigheid van mensen wordt ondermijnd door het scheppen van een verlangen om aan de dood te kunnen ontkomen'(geciteerd in de Lange, 1999) Loze politieke retoriek? De Lange (1999) denkt dat de ophef over gentechnologie in het algemeen niet losstaat van de menselijke zoektocht naar onsterfelijkheid. Het klonen belooft ons een zekere onvergankelijkheid. Genen zijn 'overlevingsmachines', aldus Richard Dawkins in The Selfish Gene (1976, aangehaald in de Lange, 1999). Zij zijn evolutionair toegerust om eeuwig te leven. Individuen zijn de toevallige verblijfplaats van genen, de biologische niche waar zij zichzelf kunnen kopiëren. We vermengen ons unieke genetische combinatie pakket door sexuele voortplanting, en leveren slechts de helft van de genetische code van onze kinderen. Ons individuele genenpakket van 46 chromosomen zou echter met kloontechniek voor honderd procent door de eeuwen heen kunnen worden gekopieerd. Ook het gekloonde individu zal verouderen en sterven, maar het heeft een kopie van zichzelf achter de hand. Het individu zal de tijd weliswaar niet overwinnen maar, mits hij tijdig zorgt voor een lege eicel en een gastvrije baarmoeder, hem toch te slim af zijn (De Lange, 1999).

Het gebruik van stamcellen voor therapieën is in een aantal Westerse landen inmiddels bijna aanvaard, maar de grote vraag is of je mensen mag maken uitsluitend ten behoeve van andere mensen. Dit komt in strijd met ons beginsel van gelijke waardigheid. Bovendien komen er wellicht spoedig betere therapieën dan klonen (Schuyt, 2003). Voor de potentiële doelgroep voor klonen - ouders die geen kinderen kunnen krijgen - zullen dus misschien binnenkort betere technieken bestaan die te verkiezen zijn boven klonen.

Swierstra stelt het volgende: 'Een ding produceer je, een kind ontvang je. Dat is een sterke overtuiging van veel mensen. Maar het is moeilijk om die met zwart-wit argumenten te onderbouwen' (geciteerd in Giesen, 2003). Veel ethici wantrouwen die morele intuïtie. In de geschiedenis hebben nieuwe ideeëen altijd weerstand opgeroepen. Ook het feminisme en anticonceptie werden ooit beschouwd als een inbreuk op de 'natuurlijke orde'. Morele intuïtie kan ook een vorm van weinig beredeneerd conversatisme zijn, zegt bijvoorbeeld Inez de Beaufort in de bundel Allemaal klonen van het Rathenau Instituut (aangehaald in Giesen , 2003). De weerzin tegen klonen kan echter niet worden afgedaan als louter behoudzucht, meent de Amerikaanse rechtsfilosoof Ronald Dworkin (geciteerd in Giesen, 2003). Genetica raakt de basis van het menselijk bestaan. De menslijke ervaring is gebaseerd op het verschil tussen alles wat we 'van nature' hebben meegekregen en alles waar we zelf over kunnen beslissen, aldus Dworkin. We kunnen iemand verantwoordelijk stellen voor wat hij doet (liegen, stelen), maar niet voor wat hij is (dom, lelijk) Deze grens is de ruggengraat van onze moraal in onze manier van denken over het leven, zegt Dworkin (geciteerd in Giesen, 2003).

Religieuze bezwaren:

Volgens de overlevering van zowel Joden, Christenen en Moslims, is de mens naar God's beeltenis geschapen. Volgens Fukuyama (2002) heeft dit vooral gevolgen voor de manier waarop Christenen tegen menselijke waarde aankijken. Zij maken een scherp onderscheid tussen mensen en de rest van God's creaties; alleen mensen zijn in staat tot het maken van morele keuzes, vrije wil en geloof. Vooral die laatste geeft de mens in Christelijk oogpunt een hogere morele status dan de rest van de dieren. De katholieke kerk en conservatieve Protestantse groeperingen hebben zich sterk verzet tegen biomedische technologiën. Geboortebeperking, IVF, abortus, stamcelonderzoek, klonen, en genetische modificatie. Al deze technologiën zijn verkeerd omdat het de mens voor God laat spelen wat betreft het creëren van menselijk leven (of het te vernietigen in geval van abortus). Genetische manipulatie ziet mensen niet als miraculeus product van de schepping, maar als som van een aantal materiële processen die de mens kan begrijpen en manipuleren. Dit gaat in tegen de empirische waarde van de mens en dus tegen God's wil.

Sommige mensen vinden dat religieuze overtuigingen een soort irrationeel vooroordeel zijn dat in de weg staat van wetenschappelijke vooruitgang. Sommigen denken dat geloof en wetenschap nu eenmaal onverenigbaar zijn, terwijl anderen hopen dat educatie er uiteindelijk voor zal zorgen dat de op religie gebaseerde argumenten tegen technologische ontwikkelingen vanzelf zullen verdwijnen.

Daarbij wordt wellicht over het hoofd gezien dat religies vaak voortkomen uit morele normen en waarden die gedeeld worden door mensen zonder vast gedefinieerd geloof. Fukuyama (2002) noemt het daarbij bovendien naïef om te denken dat geloof vanzelf verdwijnt. Hoewel er in West-Europa wel een trend is geweest van het afnemen van het aantal gelovigen met de modernisering, speelt geloof in Noord Amerika en Azië een grote rol hoewel het onderwijs of de wetenschappelijke ontwikkeling daar niet minder zijn dan hier (Fukuyama, 2002 p. 88-91).

4.4 Politieke regulatie van voortplantingstechnologie:

Het is gemakkelijk om tegen voortplantingstechnologie te zijn, als deze ontwikkeling leidt tot een verknoeit clinisch experiment of een dodelijke allergische reactie op genetisch gemodificeerd voedsel. Vaak zijn de gevaren van een nieuwe technologie echter helemaal niet zo duidelijk en moeilijk te wegen in een kosten-baten analyse. Fukuyama (2002) beveelt dan ook aan om een instituut op te richten wat uiteindelijk internationaal zou moeten gaan opereren dat zich met vraagstukken omtrent de gevaren en mogelijkheden van vootplantingstechnologie bezighoudt (Fukuyama, 2002, p. 181-184). Dit instituut zou volgens hem moeten bestaan uit democratisch gekozen soevereine volksvertegenwoordigers die de autoriteit hebben om de voortgang en de vrijheid van biotechnologische ontwikkelingen te reguleren (Fukuyama, 2002, p.186-187) Maar is het wel realistisch om te denken dat de ontwikkeling van technologie zich laat sturen door politiek? In het onderstaande stuk zal ik de situatie proberen in te schatten voor de regulatie van genetische modificatie en klonen en ik zal hiervoor wederom het woord voortplantingstechnologie gebruiken.

Kan biotechnologie gereguleerd worden?

Er wordt beweerd dat geen enkel land de technologische ontwikkelingen kan reguleren of verbieden, doordat het onderzoek en de ontwikkeling dan simpelweg verhuizen naar een ander land. De enige manier waarop voortplantingstechnologie aan banden gelegd zou kunnen worden, is door internationale regels, maar dat is vaak buitengewoon moeilijk onderhandelen, om nog maar niet te spreken van de naleving ervan. Echter nu er geen internationale regels zijn, is het voor ieder afzonderlijk land nadelig om zulke regels in te stellen omdat iedere beperking die wordt opgelegd, een stap achteruit is t.o.v. alle andere landen (Fukuyama, 2002, p. 188).

Als dit pessimisme betekent dat er ook geen pogingen tot regulatie worden ondernomen, zou dit wel eens een 'self-fulfilling prophecy' kunnen worden. Het hoeft namelijk niet onmogelijk te zijn. Er zijn vele gevaarlijke of ethisch controversiële technologiën die effectief gereguleerd worden door de politiek. Voorbeelden zijn kernwapens en -energie; biologische en chemische wapens; handel in lichaamsdelen; neuropharmacologische drugs; etc. De Internationale gemeenschap heeft experimenten op mensen in de hand gehouden. De bloei van genetisch gemodificeerde organismen in het voedsel is geremd in Europa waardoor nu ook eerder nog enthousiaste Amerikaanse boeren terugkrabbelen. Men kan er over discussiëren of deze beslissingen juist zijn geweest op wetenschappelijke gronden, maar hiermee is aangetoond dat technologische ontwikkelingen wel degelijk gestuurd kunnen worden.

Critici zullen zeggen dat uiteindelijk geen enkele poging om technologie te reguleren geslaagd is omdat er altijd mensen zullen zijn die het toch doen. Op zich is dit waar. Geen enkel regime is volledig waterdicht en als je dingen op lange termijn bekijkt, zullen veel technologiën uiteindelijk toch ontwikkeld worden. Dit hoeft echter geen reden te zijn om geen wetten te maken. In ieder land is moord verboden en staat er een straf op. Dit betekent nog niet dat er nooit moorden gepleegd worden. Dat is echter geen reden om moord dan maar te legaliseren.

In het geval van kernwapens is de internationale gemeenschap vrij succesvol geweest in het vertragen van de verspreiding en ze weg te houden bij landen die er eventueel gebruik van zouden willen maken. Het handjevol landen dat momenteel kernwapens bezit is relatief een klein aantal als je bedenkt hoe veel landen het hadden kunnen zijn als er geen enkele restrictie zou zijn geweest.

Nucleaire wapens zijn echter beter in de hand te houden dan voortplantingstechnologie om twee redenen. Ten eerste is het ontwikkelen van nucleaire wapens erg duur en vereist grote zichtbare instituten die particuliere ontwikkeling onwaarschijnlijk maken. Ten tweede is het zo overduidelijk dat kernwapens gevaarlijk zijn, dat er vrij snel wereldwijde consensus over was dat deze technologie onder streng toezicht moest komen te staan. Voortplantingstechnologie kan daarentegen in kleinere laboratoria met minder geld worden gepractiseerd en bovendien is er geen vergelijkbare consensus over de gevaren van voortplantingstechnologie voor de mensheid.

Op zich is een kernbom in handen van terroristen ook een veel directer gevaar dan dat bijvoorbeeld Saddam Hussein gekloond zou worden. Het verbieden van dit soort technologie in Amerika zou wel een sterk remmend effect hebben. Ook als dat betekent dat andere landen het wel zouden toestaan of als er Amerikanen naar deze landen op vakantie zouden gaan om zich daar te laten klonen.
Het zou dus geen argument hoeven zijn dat regulatie alleen werkt in internationaal verband in deze geglobaliseerde wereld. Bovendien begint regulatie zelden op internationaal niveau. Landen moeten in veel gevallen eerst zelf regels maken voordat er internationale afspraken gemaakt worden (Fukuyama, 2002, p. 190).

Hoe wordt voortplantingstechnologie vandaag gereguleerd?
Een voorbeeld van het succesvol reguleren van biotechnologie is het klonen van mensen met reproductieve doeleinden. In november 2001 waren 24 landen die reproductief kloneren verboden. In 1998 heeft de Europese Raad een protocol goedgekeurd dat werd toegevoegd aan de 'Convention of Human Rights and Dignity with Regard to Biomedicine", waarin reproductief klonen van mensen verboden wordt. Dit document werd goedgekeurd door 24 van de 43 lidstaten. De Franse en Duitse regering hebben een voorstel gedaan bij de VN om reproductief klonen van mensen wereldwijd te verbieden. (Fukuyama, 2002, p.191)
De wereld is verdeeld over het al dan niet toestaan van voortplantingstechnologie. Aan het ene uiterste staat Duitsland en andere Europese landen die door hun oorlogsverleden nogal huiverig zijn voor alles wat aan eugenetica doet denken. Aan het andere uiterste staan enkele Aziatische landen die om historische redenen nauwelijks zorgen maken om de ethische dimensie van voortplantingstechnologie.
Het dominante ethische systeem in China, Confucianisme, kent geen concept van "God". Volksreligies zoals Taoisme en Shinto kennen zowel dieren als nietlevende objecten een spirituele dimensie toe. Boedisme zet zowel mensen als natuur in dezelfde kosmos. Deze Aziatische godsdiensten hebben niet zo'n duidelijk onderscheid tussen de mens en de rest van de natuur als het Christendom (De Waal in Fukuyama, 2002, p. 192). Dit heeft als bijkomstigheid dat er wat meer respect is voor dieren maar ook relatief wat minder waarde wordt toegekend aan een mensenleven. Mede om die reden zijn abortus en infanticide (vooral van meisjes) veelvoorkomende praktijken in veel delen van Azië. De Chinese regering staat dingen toe die volgens Westerse maatstaven gruwelijk zijn, zoals het oogsten van organen van geëxecuteerde gevangenen. De Verenigde Staten staan van oudsher positief tegenover technologische innovatie en door de technologische evolutie van de laatste 20 jaar zijn ze deze over het algemeen als bevrijdend en verrijkend gaan beschouwen. Hiertegenover staat de kracht van de conservatieve religieuze grouperingen in de Verenigde Staten. Protestanten, Katholieken en in toenemende mate Moslims, hebben een rem gezet op ongecontroleerde technologische vooruitgang.

De regels voor genetische modificatie van mensen zijn veel minder ver gevorderd dan de regels op het gebied van klonen. Dit komt volgens Fukuyama voornamelijk doordat genetische modificatie van mensen nog niet gebeurt. De bestaande wetten voor GMO's zullen gedeeltelijk van toepassing kunnen zijn, maar het grootste deel van de regels omtrent dit onderwerp zal nog vastgesteld moeten worden.
Bestaande wetten op het gebied van experimenten met mensen zijn gedeeltelijk ook bruikbaar voor genetische modificatie van mensen. De basis van de wetgeving op dat gebied is de 'Neurenberg code' die naar aanleiding van de gruwelen van de Tweede Wereldoorlog vastgesteld werd (Miller, in Fukuyama, 2002). Deze werd later grotendeels vervangen door de 'Helsinki Declaration' die wereldwijd aangenomen is door de 'World Medical Association' in 1964 (McNeill, in Fukuyama, 2002). Om deze wetten toepasbaar te maken voor voortplantingstechnologie zouden er volgens Fukuyama vragen beantwoord moeten worden als 'Gelden wetten voor experimenten met mensen ook voor embryo's buiten de baarmoeder?' Bij het beantwoorden van zulke vragen kunnen ethische commissies een uitkomst zijn. Het instellen van ethische commissies is echter niet altijd een garantie dat normen en waarden gerespecteerd worden. Fukuyama waarschuwt ervoor dat het gevaar bestaat dat zulke commissies gaan optreden als 'advocaat van de duivel', waarbij er juist veel

geld en kennis gepompt wordt in het omzeilen van ethische normen en het op een professionele manier goedpraten van het onderzoek. Het Human Genome Project bestede 3% van het budget aan het bestuderen van ethische, sociale en gerechtelijke implicaties van genetisch onderzoek. Dit kan je beschouwen als een bewonderenswaardige betrokkenheid bij de ethische dimensies van wetenschappelijk onderzoek. Aan de andere kant kan je het ook zien als 'bescherm-geld' dat de wetenschappers moeten betalen om tegen de 'echte ethici' opgewassen te zijn (Fukuyama, 2002, p.204).

Fukuyama zegt in een interview (Calmhout, 2002) dat de geschiedenis wordt voortgedreven door wetenschap en technologie. De gevolgen van voortplantingstechnologie zijn volgens Fukuyama gevaarlijk omdat hiermee de mens controle kan uitoefenen op sociaal gedrag. Fukuyama is pessimistisch over levensverlengende technieken omdat hij denkt dat geen enkele regering dit zal verbieden, ongeacht de gevolgen. Hij pleit voor, het liefst, internationale wetgeving om de biotechnologie waar nodig in te dammen (geciteerd in Calmhout, 2002).

Eigen mening:

De medische wetenschap heeft grote vooruitgang geboekt de afgelopen eeuw. Klonen en GM zou je kunnen beschouwen als een volgende stap. Het is moeilijk om de grens te bepalen tot waar de medische wetenschap zich nog mag bemoeien met het leven. Naarmate de tijd vordert en de wetenschap zich verder ontwikkelt, komen er telkens nieuwe mogelijkheden, die ook zullen worden toegepast. Als een nieuwe technologie mensen kan helpen, kan je dat eigenlijk niet verbieden. Je kunt niet meer stellen dat we de geneeskunde maar overboord moeten zetten zodat de natuurlijke selectie weer zijn werk kan doen. Ondertussen heeft namelijk een groot deel van de bevolking zijn leven te danken aan de geneeskunde.
Deze logica zou je ook toe kunnen passen op klonen. Zodra er een kloonkind geboren is, is de discussie of het mag al achterhaald. Je kunt een kloonkind net zo min zijn recht op bestaan ontzeggen als iemand die een harttransplantatie heeft gehad. De discussie is in dat opzicht wel iets anders aangezien de kloontechniek wordt toegepast voordat we van een mens kunnen spreken. Het dilemma is vergelijkbaar met de discussie omtrent IVF. Daar is gebleken dat met de geboorte van het eerste IVF-kind de aversie tegen de techniek redelijk gesust is. In Nederland zullen veel mensen ondertussen zelfs wel iemand kennen die met IVF bezig is, om toch nog een kind te kunnen krijgen.
Aanvankelijk zal de kloontechniek nog geoptimaliseerd worden. Dit proces kan eigenlijk niet door de beugel omdat het experimenteren met mensen betreft. Ik denk echter dat regels en wetgeving niet kunnen tegenhouden dat er ergens op de wereld mensen gekloond gaan worden, zij het op kleine schaal. Dat hoeft op zich niet eens zo'n ramp te zijn: de ouders doen vrijwillig mee en ik kan me moeilijk voorstellen dat het kind dat hieruit komt, ondanks wellicht enkele 'kloonkwaaltjes', ondraaglijk zal lijden. Het zal een gewoon kind zijn dat wellicht erg veel op een van de ouders lijkt. Als de kloontechniek uiteindelijk goed werkt en er geen risico's zijn voor ouders en kind, zie ik al minder bezwaren. Ik zou me zelfs kunnen voorstellen dat klonen een gangbare techniek wordt met een vergelijkbare status als IVF nu in Nederland heeft. Ik denk dat we het wel aan de toekomstige generaties over kunnen laten of klonen uiteindelijk al dan niet een geaccepteerde medische techniek wordt voor kinderloze echtparen.
Het gevaar van klonen schuilt volgens mij dan ook niet in het klonen op zich, maar in de techniek die er voor gebruikt wordt. Technisch gezien is de stap van niet klonen naar wel klonen groter dan van klonen naar gemodificeerd klonen. Als klonen wordt toegestaan verlaagd dat de drempel om embryo's te klonen en genetisch te modificeren. Ik kan niet inschatten of dat genoeg reden is om dan uit voorzorg ook maar het klonen te verbieden. Waarschijnlijk heeft dit eerder een vertragend effect.

Genetische modificatie van mensen is wat mij betreft wel een serieus gevaar. In tegenstelling tot klonen zijn hier wel verregaande consequenties voor de mensheid denkbaar. Lee Silver noemde al soortsplitsing en een 'wapenwedloop' om de beste genen. Hier geldt het voorzorgprincipe dan ook zwaarder dan bij klonen omdat het gevaar groter is. We weten niet wat voor noodlot we over onszelf afroepen als we op deze manier met onze genen omgaan.

Dat er een markt is voor kunstmatige reproductieve technieken, is niet zo vreemd. Nu vrouwen ook aan de arbeidsmarkt willen deelnemen ontstaat er vaak een conflict tussen het hebben van een kind of een carrière. Dit is mede de oorzaak van de 'reproductive delay' die Kaplan (2002) heeft waargenomen bij hoogopgeleide mensen. Tegen de tijd dat vrouwen in deze situatie aan een kind toe zijn, is het niet meer zo makkelijk via de natuurlijke weg. Bovendien is de kans op een gehandicapt kind groter. Een oplossing kan zijn om via moderne technieken dan toch te bewerkstelligen dat de vrouw zwanger wordt van een gezond kind. Ik zou echter liever zien dat het in deze wereld zo goed geregeld werd dat een vrouw niet hoeft te kiezen. Betere kinderopvang kan een ingang zijn in deze problematiek, maar het gaat hier ook om een verandering in de mentaliteit. De arbeidsmarkt is hard en de concurrentie is groot. Voor topfuncties is part-time werken vaak nog steeds niet realistisch. Bovendien is het voor een beginnende carrière vaak desastreus om er een paar jaar uit te zijn om kinderen op

te voeden. Dat is jammer, want zo werken we zelf mee aan het probleem van uitgestelde reproductie met alle gevolgen van dien. Op het gebied van de arbeidsmarkt zou regelgeving wel als instrument van de overheid kunnen dienen om hier een sturende rol in te hebben. Positieve discriminatie van vrouwen; langer ouderschapsverlof, ook voor vaders; subsidies voor crèches op het werk; etcetera.

Als blijkt dat we met maatschappelijke oplossingen de wens tot designer babies niet kunnen remmen, is een verbod het laatste redmiddel. Voor de vraag of genetische manipulatie van embryo's verboden moet worden, zou ik de tweedeling aan willen halen die Buchanan (in Obbema, 2001) maakt in het gebruik van GM voor enerzijds 'verbeteringen' (intelligenter, muzikaler, mooier), en anderzijds voor behandelingen die erop gericht zijn te voorkomen dat iemand onder de grens van 'normaal menselijk functioneren' terechtkomt.
GM ten behoeve van verbeteringen lijkt me niet wenselijk om de redenen die ik reeds genoemd heb. Het is misschien nog te vroeg om al tot verboden in te gaan aangezien de techniek nog in de kinderschoenen staat, maar het gevaar zou wel reëel kunnen zijn. Er zou natuurlijk een ethische commissie aangesteld kunnen worden die de ontwikkelingen op het gebied van GM in de gaten houdt, maar de media heeft daar nu al een rol in, door toekomstprofeten als Silver en Fukuyama aan het woord te laten.
GM gebruiken om erfelijke ziektes te voorkomen valt volgens mij eerder onder de categorie van moderne geneeskunde. Dat valt haast niet te verbieden, omdat er altijd mensen zullen zijn die hiermee geholpen kunnen worden. Je kunt naar mijn inzien niet verbieden dat mensen een gezond kind ter wereld brengen. Dat betekent niet dat ik het een wenselijke ontwikkeling vind om ziektes en afwijkingen bij voorbaat op kunstmatige wijze genetisch uit te sluiten. Mensen die niet helemaal gezond zijn, hebben volgens mij wel degelijk meerwaarde voor de maatschappij. Ik sluit me dan ook aan bij het betoog van Nussbaum (p.38) die stelt: mensen worden denkers omdat ze geen chearleaders kunnen worden.

De snelle ontwikkeling van de wetenschap heeft de illusie doen ontstaan dat overal een middeltje tegen is en dat alles met de juiste techniek verholpen kan worden. Dat dit soms leidt tot eindeloze procedures in ziekenhuizen realiseren mensen zich niet altijd. Ik denk dat westerse mensen zich te snel overgeven aan de dokter die het allemaal dient te weten.
Ditzelfde geldt wat mij betreft voor klonen. Ik kan me niet druk maken om een handjevol mensen dat zichzelf wil laten klonen omdat ze geen kind kunnen verwekken via de natuurlijke weg. Het lijkt me alleen nog mooier als deze mensen zich bij hun lot neerleggen en accepteren dat een genetisch verwant kind er voor hen niet in zit, en kijken naar de alternatieven; bijvoorbeeld een adoptiekind nemen.

De Westerse mens is in zoverre aan de evolutie ontsnapt, dat de omgeving geen grote beperking vormt om te overleven. Des te harder schijnt de mens zich te ergeren aan haar eigen imperfecties. Ondanks alle goede omstandigheden, gaan er nog steeds mensen dood aan kanker; bestaan er nog erfelijke ziektes; hebben we tehuizen vol gehandicapten; zijn er in elke stad dieven en zwervers; en voor de mensen die het tot op hoge leeftijd presteren om te overleven, komt de ouderdom met gebreken. Hoe verleidelijk is het om niet met deze problemen om te hoeven gaan maar het probleem aan de wortel aan te pakken: de mens zelf te veranderen. In de realiteit blijkt het echter complex in elkaar te zitten, en de effecten moeilijk te voorspellen.

Ik ben niet in staat een afweging te maken tussen het individueel belang en het belang voor de mensheid. Je mag zieke of gehandicapte mensen geen technologie onthouden die hen zou kunnen helpen. Aan de andere kant mag het ook niet zo zijn dat de wens om te helpen en te voorkomen zo doorgedreven wordt, dat het de mensheid in gevaar brengt.

Lastige ethische vraagstukken kunnen denk ik alleen worden beantwoord als zo veel mogelijk mensen zich er over uitlaten. De meerderheid bepaalt. Ik ben het wel eens met Obbema (2001) die zegt dat als het maatschappelijk relevante vragen betreft, het niet vereist is om diepgaande kennis van DNA-technieken te hebben, om toch tot een oordeel te komen.

Onderzoekers op dit vlak zien niet altijd meer dat het bij de maatschappelijke toepassing vooral draait om principes als rechtvaardigheid en gelijkheid, begrippen waarover al eeuwenlang wordt gedebatteerd en waarover hun mening, ondanks al hun specialistische kennis, even interessant is als die van iedere burger. Naast wetenschappers en bio-ethici, zouden ook burgers en politici zich moeten bemoeien met het debat. Over veel wetenschappelijke controverses hoor je het grote publiek en de politiek niet. Misschien in het laatste stadium als de gekloonde mens al bijna voor de deur staat. Meer betrokkenheid zou mooi zijn. Ik besef echer dat dit moeilijk te realiseren is. Het brede publiek laat zich niet altijd even gemakkelijk interesseren. Dat blijkt wel uit het recente debat 'eten en genen' over biotechnologie en voedsel. De belangstelling was laag. Toch moeten wetenschappers het blijven proberen.

Conclusie

1. De mens heeft door een uitmuntend vermogen tot leren aapassingen gemaakt en uitvindingen gedaan die het steeds makkelijker maakten om te overleven in verschillende habitats. Dit heeft tot een vermiljoenvoudiging van de wereldbevolking geleid. De mens is echter nog steeds aan evolutie onderhevig. Met de ingewikkelde sociale structuur van de moderne mens is het mogelijk gebleken om een paar mensen aan de top te laten bepalen wat de selectiecriteria zijn om te kunnen voortplanten voor een grote groep mensen. Hoe dramatisch de gevolgen emotioneel gezien ook zijn, vanuit evolutionair oogpunt is het bijna een verwaarloosbaar aandeel op de wereldbevolking. In dat opzicht is er dus niet echt van een invloed te spreken. Wat verder de invloed van de mens is geweest op de evolutie is moeilijk te zeggen. Wat precies de impact van menselijk handelen op de evolutie door de eeuwen heen is geweest, is moeilijk te onderscheiden van natuurlijke evolutie en deze heb ik niet kunnen achterhalen.

2. De bemoeienis van de mens met de evolutie zou in de toekomst wel eens drastische vormen aan kunnen nemen. De eerste gekloonde mens staat waarschijnlijk binnenkort voor de deur. Ik verwacht niet dat het effect van klonen op zich erg groot is op de evolutie van mensen, zij het op kleine schaal toegepast wordt. Het gros van de wereldbevolking kan op de normale manier kinderen krijgen en zal vermoedelijk niet voor een kloonkind kiezen. Het gevaar van het ontwikkelen van de kloontechniek schuilt in de vergemakkelijking van genetische modificatie van embryo's. Er bestaat een reële kans dat de wetenschap in enkele tientallen jaren in staat is om mensen genetisch te modificeren en van bijzondere eigenschappen te voorzien. Als deze technologie niet aan banden wordt gelegd, kan het zo zijn dat de wereld binnen een paar eeuwen door twee soorten mensen wordt bevolkt: gemodificeerde en niet gemodificeerde mensen.

3. De grens tot waar de medische wetenschap zich met het leven mag bemoeien verschuift naarmate er meer mogelijk wordt. Ik ben niet in staat een afweging te maken tussen het individueel belang en het belang voor de mensheid. Je mag zieke of gehandicapte mensen geen technologie onthouden die hen zou kunnen helpen. Aan de andere kant mag het ook niet zo zijn dat de wens om te helpen en te voorkomen zo doorgedreven wordt, dat het de mensheid in gevaar brengt. De risico's voor de mensheid blijven bij klonen op zich beperkt. Genetische modificatie van mensen zou veel grotere gevolgen kunnen hebben. Dat zou een argument kunnen zijn om klonen wel toe te staan en genetische manipulatie niet. Ik denk echter dat technieken die mensen kunnen helpen om gezonde kinderen ter wereld te brengen, niet verboden kunnen worden. Genetische modificatie om ziektes te voorkomen zou om die reden misschien toch moeten kunnen. Hoe meer mensen bij dergelijke beslissingen betrokken worden, hoe breder het maatschappelijk draagvlak. Regelgeving kan helpen bij het tegenhouden van genetische modificatie van mensen. Het beleid zou zich echter vooral op maatschappelijke oplossingen moeten richten.

Dankwoord

Bij deze wil ik Louis van de Zande en Bert Boekschoten bedanken voor de enerverende gesprekken en de tijd. Tevens Sjaak Swart bedankt voor het geduld en de motiverende woorden.

Referenties

1. Barrett, L., Dunbar, R., Lycett, J. (2002) Human evolutionary psychology. *Palgrave*
2. Bartlett, B. (1997) National Center for Policy Analysis, 3 September (www.ncpa.org/~ncpa/pi/internat/pdinter/pdint178.html)
3. BBC news (2001) (news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/1477698.stm)
4. Borgerhoff Mulder, M. (1998). The Demographic Transition: are we any closesr to an evolutionary explanation? *Trends in ecology & evolution, 13 (7)*, 266-270
5. Bowler, J.P. 1990. The role of the history of science in the understanding of social Darwinism and eugenics, *Impact of science on society*, 159, 273-278
6. Boyd, R. Richardson, P.J.(1985) Culture and the Evolutionary Process. *University of Chicago Press*
7. Buss, D. M., Schmitt, D. P. (1993). Sexual strategies theory: An evolutionary perspective on human mating. *Psychological Review, 100*, 204-232.
8. Calvin, W.H. The River that Flows Uphill: A Journey from the Big Bang to the Big Brain. (1998; p.328-331) first print: 1986
9. Chai Bin Park; Nam-Hoon Cho. Consequences of a son preference in a low-fertility society: imbalance of the sex ratio at birth in Korea. *Population and Development Review*, March 1995 v21 n1 p59(26)
10. Darwin, C. (1979) The origin of species. London: Dent. Oorspr. uitg.: Everyman's library: 1928
11. Deacon, Terrence. The symbolic species; the co-evolution of language and the human brain. 1997
12. Eugenics Watch (www.africa2000.com/ENDX/aepage.htm)
13. Focher, F. The control of cultural evolution has been tried, what's next? *BioEssays* 23: 761
14. Foley RA (1999) The evolutionary geography of Pliocene hominids. In T Bromage and F Schrenk (eds.): African Biogeography, Climatic Change, and Hominid Evolution. Oxford: Oxford University Press, pp. 328-348
15. Fukuyama, Francis. Our Posthuman Future: consequences of the biotechnology revolution (2002) Farrar, Straus and Giroux, New York
16. Gangestad SW, Simpson JA (2000). The evolution of human mating: Trade-offs and strategic pluralism. *Behavioral and Brain Sciences, 23*, 573-644.
17. Goodall, J. (1990) Through a Window: My Thirty Years with the Chimpanzees of Gombe. *Boston : Houghton Mifflin*
18. Harpending H, Rogers A (1990) Fitness in stratified societies. *Ethol. Sociobiol.* 11:497-509
19. Josephson, S.C. (1993) Status, reproductive success, and marrying polygynously. *Ethology and sociobiology. 14(6)*, 391-396.
20. Kaplan H, Lancaster JB, Tucker WT, Anderson KG (2002). Evolutionary approach to below replacement fertility. *American Journal of Human Biology, 14*, 233-256.
21. Kolata, G. (1998). Clone: The road to Dolly, and the path ahead. New York: William Morrow and Company.
22. Krebs, J.R., Davies, N.B. (1997) Behavioural Ecology; an evolutionary approach. *Blackwell science.*
23. Kubiak JZ, Johnson M. H. Human infertility, reproductive cloning and nuclear transfer: a confusion of meaning. BioEssays 2001; 23; 359-364
24. Low BS, Simon CP, Anderson KG (2002): An evolutionary ecological perspective on demographic transitions: Modeling multiple currencies. *Amer. J. Human Biol.* 14, 149-167.
25. Lycett JE, Dunbar RIM, Voland E (2000) Longevity and the costs of reproduction in a historical human population. *Proc. Roy. Soc. Lond. B.* 267:31-35
26. Maynard Smith, J. & Szathmary, E. (1995) The major transitions in evolution.
27. Meagher, T.R. & Futuyama, D.J. (2001) Evolution in the century of biology; Evolution science & society, *The American naturalist.* Vol.158 suppl. 600A

28. Mul, J. de. 1996. Homo Sapiens cyberneticus. In J.J.W.Lisman, G.Goris & J.G.van Soest (Eds), Van kennis naar informatie: van informatie naar kennis (pp. 163-171) Leiden: Boerhave Instituut
29. Murdoch, G.P. (1967) Ethnographic atlas. *Pittsburgh: University of Pittsburgh Press*
30. Pearson, R. (1996) Heredity and Humanity: Race, Eugenics and Modern Science.
31. Pérusse, D. (1993) Cultural and reproductive success in industrial societies: testing the relationship at the proximate and ultimate levels. *Behavioral and Brain Sciences* 16: 267-322
32. Relethford, J.H. 1996 The human species: an introduction to biological antropology - 3rd ed. *Mayfield Publishing Company*
33. Rogers AR (1990) Evolutionary economics of human reproduction. *Ethol. Sociobiol.* 11:479-495
34. Silver, Lee M. Sleutelen aan de schepping; het ontwerpen van menselijk leven in het nieuwe millennium (Oorspronkelijke titel: Remaking Eden. Cloning and Beyond in a Brave New World). 1997
35. Stamhuis, Ida H. The changing image of the sciences. (p.72-83) Kluwer. 2002
36. Stearns SC (1992). *The evolution of life histories*. New York: Oxford University Press.
37. Stock, Gregory. Redesigning humans; our inevitable future. 2002
38. Symons D (1989) A critique of Darwinian anthropology. *Ethol. Sociobiol.* 10: 131-144
39. Tooby, J., Cosmides L. (1990) The past explains the present. *Ethol. Sociobiol.* 11: 375-424
40. Vining, D.R. (1986) Social versus reproductive success: The central theoretical problem of human sociobiology. *Behavioral and brain sciences.* 9: 167-216
41. Weiblen, G. (2002) Tropical scientists find fewer species than expected. 24 april, *Nature* (www1.umn.edu/urelate/newsservice/newsreleases/02_04weiblen.html)
42. Wilkins A.S. O'Brave New World that has such technologies in it! BioEssays 2001; 23:301-303

Krantenartikelen:

1. Achterhuis, H. Het hedendaagse heilige. Volkskrant. 1994
2. Becker, S. Bang voor de verbeterde versie. Trouw. 2002
3. Becker, S. Zet die sciencefictionplaat nou eens af! Trouw. 2002
4. Becker, S. Die kloon, die komt er. Trouw. 2001
5. Bleich, A. Slechts in een opzicht optimist. Volkskrant. 1999
6. Calmthout, M. van., Renssen, H.van. De gevaren van biotechnologie zie je niet meteen. De Volkskrant. 2002
7. Heumakers, A. Na de mens. NRC. 2002
8. Giesen, P. De moraal van het klonen. Volkskrant. 2003
9. Klever, W. Na de mens. NRC. 2002
10. Lange, F. de. Been van mijn gebeente en vlees van mijn vlees. Trouw. 1999
11. Nijland, R. Kloonklachten. Volkskrant. 2003
12. Nijland, R. Hoe de kindertjes zullen komen. Volkskrant. 1998
13. Nijland, R. Kloon mij. Volkskrant. 2000
14. Obbema, F. DNA-debat zonder angst. Volkskrant. 2001
15. Poort, J. Kloonverbod duldt geen uitstel. Volkskrant. 1998
16. Ritsema, B. Vruchtoptimalisatie. NRC. 2002
17. Schuyt, K. Het kloontjesvolk. Volkskrant. 2003
18. Snoeijen, M. De vrouw over honderd jaar. NRC. 2002
19. Swierstra, T. & Hilhorst, P. Het onbeholpen verlangen naar morele regels. Volkskrant. 2000
20. Wassink, J. Een gekloond kind is eigenlijk heel gewoon. Trouw. 2002

Mondelinge bronnen:

Prof. B. Boekschoten, UvA, Humane evolutie
Prof. S. Daan, RuG, Biologie, Diergedrag
Prof. J.A.R.A.M. van Hooff, Universiteit Utrecht, Paradisolezing 'vergezichten in de wetenschap' deel 1. 22 februari 2003
Dr. J.A.A. Swart, RuG, Biologie, Wetenschap en Samenleving
Dr. L.P.W.G.M. van de Zande, RuG, Biologie, Evolutionaire Ecologie

Media:

Interview met Lee Silver. VPRO, Tegenlicht, 8 december 2002
Radiointerview met Jan van Hooff, 17 februari 2003

Bronvermelding plaatjes:

Voorkant: www.pbs.org/wgbh/aso/tryit/evolution/images/footprints.jpeg
Figuur 1a: www.darwin.ws/contradictions/ htree.jpg
Figuur 1b: www.fsec.ucf.edu/ed/EIE/images/popexplosion.gif
Figuur 2: www.ecotao.com/holism/n_tools.jpg
Figuur 3: www.whyevolution.com/ chimps.html
Figuur 7: us.history.wisc.edu/hist102/photos/assets/photos/1150.jpg
Figuur 8: www.australasianbioethics.org/Newsletters/019-n2001-12-28.html
Figuur 9: www.schoolscience.co.uk/.../mrc/ cloning/images/dolly.jpg
Figuur 10: news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/1209716.stm