

Appendix 1

Genetikens mörka historia

Den moderna genetiken och biotekniken är på många sätt fantastiska vetenskaper. De ger oss fascinerande ny kunskap om hur vi själva och andra delar av naturen fungerar och de ger enorma möjligheter att förändra och påverka vår omgivning.

När vi diskuterar hur vi ska utnyttja dessa möjligheter kan det dock vara nyttigt att kasta en blick bakåt. Då finner man att biologin och genetiken bitvis har en mycket mörk historia. Att biologiska och genetiska resonemang använts som motiv och förevändning för många saker vi idag betraktar som fruktansvärda. Och att många forskare drev på utvecklingen.

Vi ska nu titta på det mest extrema exemplet på hur biologi och genetik missbrukats. För att sedan se om det kan finnas några slutsatser vi kan dra inför våra diskussioner om hur vi ska utnyttja och använda dagens kunskaper.



Vid förra sekelskiftet återupptäcktes de lagar, som beskriver hur olika egenskaper kan ärvas. Allt fler egenskaper visade sig vandra genom generationerna i enlighet med dessa lagar. Genetiken blev en vetenskap på modet och en vetenskapsman som hävdade att en egenskap var ärftlig blev oftast trodd utan att någon synade hans kort ordentligt. Så fastän inga bevis egentligen fanns för det övertygade vetenskapsmän varandra om att både sinnessjukdom och asocialitet var ärftligt.

Samtidigt intalade sig forskare i en annan del av biologin, den fysiska antropologin, att man kunde dela in människorna i högvärdiga och mindervärdiga raser. Högvärdig var den nordiska, så kallade ariska, rasen. Mindervärdiga var bland annat judar, zigenare, negrer och slaver.

I denna miljö började en rad genetiker och antropologer oro sig för att den germanska rasen höll på att degenerera: de högvärdiga, friska ariska arvsanlagen blandades allt mer ut med anlag från mindervärdiga

raser, mentalsjuka och sinnesslöa. För att rädda den nordiska rasen krävdes en upprensning av dess arvsanlag. Tanken på rashygien, eugenik, slog igenom.

De tre aktade tyska professorerna Bauer, Lentz och Fischer gav omkring 1920 ut en lärobok i "Ärftlighetslära och rashygien". Där hävdades, fullständigt utan vetenskapligt stöd, att en rad egenskaper, som kriminalitet och sinnessjukdomar, var ärftliga. De pekade på "problemet" att den germanska rasen hotade att utarmas. Och de föreslog olika lösningar.

Denna lärobok lästes av den unge Adolf Hitler när han satt fängslad på Landsbergs fästning 1923. Han inarbetade många av professorernas resonemang och förslag i den programskrift, "Mein Kampf", som han skrev under fängelsevistelsen. När ekonomiska kriser och arbetslöshet nio år senare förde nazistpartiet till makten började de rashygieniska idéerna snabbt förverkligas.

Vetenskapssamhället var inte besvärat av nazisternas intresse för deras idéer. Tvärt om förklarade professor Fischer stolt år 1933 att "vår eugeniska rörelse existerat mycket längre än nazistpartiet". Några år efter det att nazisterna kom till makten förklarade han hur roligt det var att staten omedelbart tillämpade deras forskningsresultat:

"Det är en särskild och sällsynt lycka för en i och för sig teoretisk forskning att få verka i en tid då den allmänna världsåskådningen möter den med positivt erkännande och då dess praktiska resultat till och med omedelbart välkomnas som underlag för statliga ingripanden"

Dessa "ingripanden" ledde till en början till sterilisering av 400 000 sinnessjuka. Efter krigsutbrottet 1939 behövdes läkarna till annat, så regimen övergick till att mörda de sinnessjuka. Därefter var turen kommen till judar och zigenare. Målet var att rensa Europa från judiska och zigeniska arvsanlag. Nazisterna var så besatt av denna strävan att de även i krigets slutskede använde stora resurser för att transportera och mörda judar. Resurser som annars skulle kunnat användas för krigföringen.

Då kriget var slut hade de kommit mer än halvvägs mot ett jude- och zigenarfritt Europa. Mer än fem miljoner människor hade mördats i Förintelsen.



En tysk molekylärbiolog, Benno Müller-Hill har använt mycken tid till att undersöka vilken roll tyska vetenskapsmän spelade i Förintelsen. Hans slutsatser är deprimerande. Han fann åtskilliga tecken på att många vetenskapsmän vetat vad som pågick men inga tecken på att någon av dem protesterat. Däremot finns mängder av dokument där forskare ber om organ, skallar eller kroppar från dem som dödas, för att kunna använda dem i sin forskning.

Ett ovanligt tydligt exempel är ett brev från läkaren och professorn i anatomi, August Hirt, vid universitetet i Strasbourg. Strax efter anfallet mot Sovjetunionen skrev han till Heinrich Himmler, då polischef och ansvarig för den specialpolis som genomförde "särskilda aktioner" i ockuperade områden.

Han börjar med att påpeka att vetenskapen har brist på judiska skallar. Men "kriget i öster erbjuder nu ett tillfälle att avhjälpa denna brist. De judisk-bolsjevikiska kommissarierna, som utgör en motbjudande men karaktäristisk undermänniskotyp, ger oss nu en möjlighet: Genom att omhänderta deras kranier försäkrar vi oss om ett konkret vetenskapligt material."

Han fortsätter med att föreslå hur detta skulle kunna organiseras. Man skulle "instruera krigsmakten att i fortsättningen överlämna alla judisk-bolsjevikiska kommissarier i levande skick till fältpolisen." Denna skulle ta hand om fångarna till dess en "befullmäktigad person (en yngre läkare eller medicine studerande som tillhör krigsmakten eller fältpolisen) anländer. Denne ska företa ... fotograferingar och antropologiska uppmätningar och om möjligt inhämta vederbörandes härkomst, födelsedag och personalia i övrigt. Efter judens därpå följande avlivande skiljer han huvudet från kroppen och skickar huvudet till bestämmelseorten, inlagt i konserveringsvätska ..."

I koncentrationslägren gjordes en rad mycket plågsamma experiment med fångar, som nästan alltid ledde till deras död. Dessa försök utfördes oftast av unga medicinska forskare med gott rykte i det vetenskapliga samhället. Den ökände doktor Mengele, chefsläkaren i Auschwitz (som utförde åtskilliga sådana experiment) var en högt ansedd ung vetenskapsman med två doktorsgrader. Enligt många av hans äldre kollegor gjorde han bara det bästa möjliga av de enorma möjligheter Auschwitz erbjöd den medicinska forskningen.

Vetenskapssamhället spelade alltså ingen vacker roll i Förintelsens historia. Vetenskapssamhället lade den ideologiska grunden för

Förintelsen. Det övertygade miljontals människor om att vad som skedde var nödvändigt och riktigt. Många forskare deltog aktivt i utförandet av Förintelsen. Och man drog nytta av den genom att använda dess offer som forskningsmateriel och försökskaniner.



Då portarna till koncentrationslägren öppnades våren 1945, och man såg bilder på de utmärglade människor som stapplade ut, frågade sig en chockad omvärld: Hur kunde detta ske? Hur kunde något sådant hända i ett kristet land, mitt i den västerländska civilisationen? Hur kunde ett helt folk fås att tyst acceptera eller blunda för vad som pågick?

De flesta av oss har säkert någon gång känt grupptruckets makt.

Man har suttit bland några vänner eller klasskamrater, och någon har sagt något, som man tyckt vara alldeles tokigt och fel. Men när en efter en av de andra i gruppen hållit med om åsikten har man inte varit lika säker längre. ”Tycker alla andra på det sättet måste det ju ligga något i det”, kanske man tänker. Och man börjar undra om man inte egentligen hade fel i sin första reaktion.

Något liknande kan ha hänt i Tyskland under 30- och 40-talen. När politikerna, vetenskapsmännen och prästerna alla sade samma sak, och alla grannar och bekanta höll med, då kunde det vara mycket svårt för en tvivlare att fortsätta tro att en zigenare eller jude hade samma värde som en tysk.

Det har gjorts några psykologiska experiment, som visar att dessa krafter är mycket starka. En försöksperson sattes i en grupp, som fick se tre linjer, varefter han skulle tala om vilken som var kortast. Om försökspersonen fick svara sist, berodde hans svar nästan alltid på vad de övriga i gruppen svarat, inte på vilken linje som i verkligheten var kortast. Även om en linje var så mycket kortare än de övriga att ingen kunnat undgå att märka det svarade försökspersonen nästan alltid att en annan linje var kortast om övriga i gruppen sagt så.

I ett annat experiment lurades försökspersonen att tro, att han skulle hjälpa en försöksledare i ett medicinskt experiment där man studerade människokroppens reaktion på elektricitet. Försökspersonen ombads ge elektriska stötar till en person inne i en glasbur, och skulle själv reglera styrkan på stöten. Om försöksledaren sade åt försökspersonen att öka styrkan i strömmen gjorde de allra flesta försökspersoner detta, även efter det att personen inne i glasburen börjat skrika av smärta och

bönat om att experimentet skulle avbrytas. En stor andel av försöks-personerna kunde fås att ge en stöt de visste kunde vara dödande.

Vi har en stark tendens att lita på auktoriteter och vilja ha samma åsikt som alla andra. Vi vill slippa ta beslut själva, och istället lämna dessa till andra och följa med i strömmen. Vi vill inte sticka ut utan istället njuta av tryggheten att alla i gruppen tycker likadant.

Men just därför är det så viktigt att varken lita på auktoriteter eller tro att alla runtomkring har rätt. Vi måste var och en fråga oss vad vi själva anser vara rätt och riktigt. Vi måste hitta svaren på dessa frågor inne i oss själva och sedan lita på våra åsikter, även om vi tycks vara ensamma om dem. Annars kanske vi till slut upptäcker att vi blivit lika lurade som de människor, som blivit intalade att de gjorde en insats för det goda och det rätta, då de körde tågen med judar mot Treblinka och Auschwitz.



Vi som lever nu har lätt att döma alla dem som var inblandade på olika sätt i Förintelsen. Vi sitter med facit i hand.

Det är svårare då man befinner sig mitt uppe i ett skeende, och det finns en stark enighet runt omkring en om vad som är rätt och riktigt.

Unga svenskar som idag får reda på att tiotusentals kvinnor tvångssteriliserades i Sverige mellan 1920- och 1960-talen reagerar oftast med avsky och bestörtning. För oss är alla människors rätt att få barn närmast självklar. Men på 20-talet var den allmänna åsikten att den svenska folkstammen höll på att förstöras, och att det därför var nödvändigt att tvångssterilisera sinnesslöa och asociala. Då frågan diskuterades i riksdagen argumenterade bara enstaka ledamöter mot tvångssteriliseringar medan ledande representanter för alla partier argumenterade för.

Under 40-talet hade dock de rashygieniska argumenten förlorat sin kraft i Sverige. Trots det ökade antalet tvångssteriliseringar kraftigt. Nu skedde de nämligen "för barnens skull". Samhället ville undvika att fattiga kvinnor tidigt skaffade många barn, som de inte riktigt klarade av att ta hand om. Därför tvångssteriliserades ogifta kvinnor som blivit gravida. De allra flesta läkare och socialarbetare betraktade detta som nödvändigt för att man skulle kunna bygga ett bättre och lyckligare samhälle.

Man kan därför fråga sig: Vad kommer kommande generationer att döma oss för? Det kan vi inte veta. Men historien ger en ledtråd. Det vi idag fördömer är ofta handlingar, som då de skedde, byggde på en före-

ställning som nästan alla i samhället accepterade. Före trettioalet var det en självklarhet för de flesta europeiska människor att den "vita" rasen var överlägsen andra raser. Att skydda den vita rasen var gott och riktigt. På fyrtio- och femtiotalen ansåg de flesta i Sverige att det var en självklarhet att sätta barnens rätt till en "normal" uppväxt före unga flickors rätt att själva styra över sin sexualitet.

Det är alltså troligt, att det morgondagens människor kommer att döma oss för är något som vi gör i det godas namn, i namn av något vi betraktar som så självklart gott och riktigt, att vi inte reflekterar så mycket över det.



Den moderna gentekniken och biotekniken reser svåra frågor. Å ena sidan är det uppenbart att den kan få många goda konsekvenser. De tekniker vi diskuterat kan användas till att bota svåra sjukdomar, ge mänskligheten mer och bättre mat och skaffa oss mycket värdefull ny kunskap. Å andra sidan kan dessa tekniker – som alla andra – missbrukas. Kunskap har alltid varit ett tveeggat svärd. Ju mer vi vet, ju mer vi skulle kunna göra, desto noggrannare måste vi fundera över vad av allt som skulle kunna göras som bör göras.

Forskning är oförutsägbar. Det ligger i sakens natur att man aldrig vet vad ett experiment kommer att ge för resultat. Stora vetenskapliga framsteg sker ofta genom att experiment ger helt oväntade resultat, resultat som öppnar nya möjligheter som ingen tidigare ens kunde föreställa sig. Detta gör att det inte går att styra forskningen. Man kan aldrig reglera vad forskningen ska upptäcka. Bara hur dessa upptäckter sedan används.

Just därför måste det finnas en levande och vital debatt om vad som ska göras och vad som inte ska göras med de moderna bioteknikerna. Som vi sett händer det att vi i forskarvärlden blir fartblinda och inte alltid har det bästa omdömet i frågan om hur forskningens resultat ska användas i samhället. Därför är det viktigt att så många människor som möjligt skaffar sig information, bildar sig en egen uppfattning och deltar i debatten. I ett demokratiskt samhälle har vi alla ett gemensamt ansvar för de beslut som fattas. Det gäller även besluten om vad de moderna bioteknikerna ska användas till.

Appendix 2

Mer information

Eftersom de moderna bioteknikerna och de regelverk som omger dem utvecklas mycket fort, uppmanas läsarna att använda Internet för att uppdatera sina kunskaper om hur olika tekniker tillämpas.

På <www.genteknik.nu> startar sommaren 2002 en nätplats baserad på denna bok med länkar till en rad andra nätplatser som behandlar olika aspekter av den moderna biotekniken. En del av dessa platser anges nedan.

Allmänt

- Gentekniknämnden <genteknik.se> har en hemsida med många länkar. Där läggs också ut en årlig sammanställning på svenska om den senaste utvecklingen kring genteknik.
- The DNA Learning Center <www.dnalc.org> är en engelskspråkig nätplats som innehåller allt från presentationer av grundläggande genetik och symptom vid olika ärftliga sjukdomar, till animerade framställningar av vad som sker med DNA-molekylerna i provrören vid olika gentekniska metoder.

Förändra gener

- På Jordbruksverkets hemsida <www.sjv.se> finns en avdelning "Genteknik" där man kan hitta beskrivningar av de regelverk som omger genteknikens tillämpningar inom i jordbruket och listor på de olika tillstånd som finns.
- Naturvårdsverket har på sin hemsida <www.environ.se> en fyllig redogörelse för regelverket kring GMO, "Reglering av genteknisk verksamhet".
- De växtförädlingsföretag som är aktiva i landet har satt upp en nätplats kallad bioteknikcentrum <www.bioteknikcentrum.com>, där de ger sin syn på frågorna kring genteknik och genmodifierade organismer.

- Svenska Naturskyddsföreningen (SNF) har på sin hemsida <www.snf.se> ett antal artiklar som belyser de problem föreningen ser med genmodifierade organismer.

Analysera gener

- Flertalet genetiska fingeravtryck i landet analyseras av Statens kriminaltekniska laboratorium i Linköping. De har skapat ett antal populärvetenskapliga presentationer av verksamheten, men dessa ligger i skrivande stund inte utlagda på någon hemsida. Däremot brukar laboratoriet skicka presentationerna om man hör av sig via telefon.
- Frågorna om vem som ska ha rätt till vilken information kring den enskildes gener behandlas i skrivande stund av en kommitté under socialdepartementet (S 2001:01). På regeringens/riksdagens hemsida <www.regeringen.se> kan man hitta direktiven till denna utredning (direktiv 2001:20), vilka innehåller en presentation av läget idag. Då utredningen lagt fram sitt betänkande kommer även detta att kunna lokaliseras genom riksdagens/regeringens hemsida.
- Riktlinjer för hur forskare bör hantera etiska problem kring biobanker och forskning ges i ett dokument "Forskningsetiska riktlinjer för nyttjande av biobanker" som finns under "Publikationer" på vetenskapsrådets hemsida <www.vr.se>.
- En mer detaljerad beskrivning av frågorna kring biobanker, och delvis andra förslag till hur de skulle kunna hanteras, hittas i en utredning "Biobanker inom hälso- och sjukvården m.m.", som finns på Socialstyrelsens hemsida <www.sos.se>.
- Företaget Umangenomics redovisar hur de hanterat de etiska frågorna kring biobanker på sin hemsida <www.umangenomics.se>.
- Information om svenska bioteknikföretag går att finna på <www.biosweden.org>.

Skaffa friska barn

- En konferensrapport "Genterapi - möjligheter och etiska aspekter" kan nås via avdelningen "Publikationer" på Vetenskapsrådets hemsida <www.vr.se>.
- En databas över vilka genetiska sjukdomar som kan testas runt om i Europa finns på <www.eddnal.com>.

- Utmärkt information om olika ärftliga sjukdomar finns på engelska på "The DNA Learning Center" <www.dnalc.org>.
- En sammanfattning om gällande regelverk kring fosterdiagnostik och gentester finns på socialstyrelsens hemsida <www.sos.se>. Man går då in på "Publicerat" och letar efter "Genetik och genteknik i sjukvården".
- En sammanställning av hur fosterdiagnostik idag används finns i en rapport "Tidig fosterdiagnostik" som kan hittas via avdelningen "Publikationer" på Vetenskapsrådets hemsida <www.vr.se>.

Stamceller och kloning

- På hemsidan för National Institute for Health i USA <www.nih.gov> kan man hitta sammanfattningar av olika längd av den forskning som pågår med embryonala och vuxna stamceller. Där hittar man även en rad dokument kring de amerikanska myndigheternas hållning i frågan.
- De "Etiska riktlinjer för stamcellsforskning" som för tillfället ska vägleda svenska forskare går att hitta på Vetenskapsrådets hemsida <www.vr.se>.

För lärare

- På SLUs hemsida <www.slu.se> finns ett omfattande undervisningsmaterial kring modern genforskning som kallas "Genvägar". Detta är inte en organiserad faktabas utan ett studiematerial, grundat på problembaserad inlärning, där eleverna väljer eller formulerar en fråga de vill utreda och gör detta genom att navigera kring på nätplatsen.
- En rad laborationer och arbetsmaterial kring bioteknik för elever mellan 16 och 18 år har producerats inom ramen för European Initiative for Biotechnology Education (EIBE) och kan laddas ned från deras nätplats <www.rdg.ac.uk/EIBE>.
- En rad gentekniska laborationer har anpassats efter vanliga skolors förutsättningar av brittiska National Center for Biotechnology Education. På deras nätplats <www.ncbe.reading.ac.uk> kan man se vilket material de skapat, och få information om hur man kan beställa skrifter, labbhandledningar och kitt med utrustning, kemikalier och reagens. Det ska dock observeras att de kitt som utvecklats vid NCBE inte alltid är förenliga med svenskt regelverk för genteknisk verksamhet.

Appendix 3

Ordförklaringar

Ordlistan förklarar ett antal ord som används i denna bok, och som man kan stöta på i litteratur kring modern bioteknik.

Aminosyra. Proteiner byggs upp av aminosyror. I proteiner finns 20 olika sorters aminosyror.

Antibiotikaresistens. Motståndskraft mot ett eller flera antibiotika. En antibiotikaresistent bakterie kan växa och dela sig även i närvaro av det antibiotikum, som bakterien är resistent mot.

Anti-cancergen. Gen som beskriver ett protein som normalt hindrar cellen från att dela sig. Vid utveckling av cancer slås vanligen en sådan gen ut. (Se sidan 140 kap 22.)

Antisensteknik. En metod att stänga av en gen genom att hindra att protein tillverkas från genen. Metoden förklaras närmare på sidan 156 kap 24.

Arvsanlag. En individs uppsättning av gener, det vill säga beskrivningar av olika proteiner.

Biobank. En samling blod- eller vävnadsprover, från vilka man kan göra DNA-analyser. De har oftast samlats ihop i sjukvården och proverna kan därför kopplas ihop med annan information om givarnas hälsotillstånd. Storskaliga analyser av sådana banker kan användas för att hitta gener inblandade i olika sjukdomar. (Se sidan 63 kap 10.)

Blödarsjuka. En ärftlig sjukdom där man saknar ett protein som är nödvändigt för att blodet ska koagulera. Därmed tar det lång tid för sår att läka och blödningsar att upphöra.

Brosk. Ett poröst men hårt material i kroppen. Brosk finns bland annat i näsa, öron och menisker.

Bt-gen. Gen från bakterien *Bacillus thuringensis*, som beskriver ett protein som är giftigt för vissa skadeinsekter. Genen kan därmed ge växter motståndskraft mot dessa. (Se sidan 32 kap 4.)

Budbärrar-RNA. Då informationen i en gen ska användas för att bilda ett protein börjar cellen med att skapa en kopia av genen (=beskrivningen av proteinet). Denna kopia bildas av ett ämne som heter RNA, och kallas därför budbärrar-RNA. Kopian kommer sedan att användas i cellens proteinfabriker, ribosomer, som instruktion för hur de ska tillverka proteinet.

Cancer-gen. En muterad (förändrad) variant av genen för ett protein som kan delta i att sända en signal till cellkärnan om att cellen ska dela sig. Om genen för ett sådant protein fått en förändring, som gör att proteinet hela tiden skickar en sådan signal, kallas den förändrade genen för en cancer-gen.

(Se sidan 139 kap 22.)

Cell. Livets minsta enhet. Ett utrymme, omslutet av ett membran, som innehåller en komplett uppsättning arvsanlag för sin art, plus de proteiner och andra ämnen cellen behöver för att överleva.

Cellmembran. Ett starkt, men smidigt, membran som avgränsar cellen från omgivningen.

Cellvägg. Cellvägg finns hos växter och bakterier. Den är en hård och stark yttervägg utanför cellmembranet. Den skyddar cellen från omgivningen och ger cellen en fast form.

DNA. Det kemiska ämne (molekyl) som bär våra arvsanlag.

DNA-medicin. Medicin som består av DNA-molekyler. Inne i kroppen tar sig dessa in i en lämplig cell, som därigenom kan tillverka de proteiner som beskrivs av DNA-molekylen.

(Se sidan 79 kap 12.)

Downs syndrom. Utvecklingsstörning orsakad av att man har ett exemplar för mycket av kromosom 21. Människor med Downs syndrom har karaktäristiskt utseende, får ofta hjärtproblem och åldras i förtid.

Embryodiagnostik. Att man efter provrörsbefruktning tar några celler från det tidiga embryot och analyserar dem innan man bestämmer sig för vilket embryo som ska planteras in i livmodern. (Se sidan 85 kap 13.)

Embryonal stamcell. Cellkultur med celler som ständigt delar sig och som i princip skulle kunna ge upphov till alla olika slags celler i kroppen. (Se sidan 111 kap 17.)

Enzym. Protein som utför (katalyserar) en kemisk reaktion. Exempelvis är alla de proteiner som utför olika steg i ämnesomsättningen enzymer.

Essentiella aminosyror. Aminosyror som människokroppen inte själv kan tillverka och som vi därför måste få i oss med födan. Av en naturens nyck är dessa aminosyror sällsynta i de grödor som ger hög avkastning (exempelvis vete, majs, ris och potatis), vilket gör att man måste äta antingen baljväxter, soja, kött eller fisk för att få i sig tillräckligt av dem.

Forskningsetisk kommitté. Kommitté som finns vid varje sjukhus med medicinsk forskning. Den ska göra en etisk granskning av all forskning som sker på människor och väga nyttan med forskningen mot olika tänkbara risker och obehag. Där sitter aktiva forskare och läkare tillsammans med lekmän (exempelvis präster, författare och politiker).

Fosterdiagnostik. Undersökningar av ett fosters hälsa. Alla blivande mödrar erbjuds ultraljudsundersökning. Om man då konstaterar allvarliga missbildningar följs dessa ofta upp med att man tar ut celler från fostret och gör en kromosomanalys. Om en blivande mamma har goda skäl att misstänka en kromosomavvikelse eller en ärftlig sjukdom kan hon begära att man tar ut celler från fostret och gör kromosomanalys eller gentest. (Se sidan 84 kap 13.)

Fostermosaik. Djur där celler från två olika embryon slagits ihop, så att man får ett djur där olika celler har olika arvsanlag. (Se faktaruta på sidan 104 kap 15.)

Fältförsök. Tänkbare nya grödor odlas på mindre arealer för att man ska studera hur de fungerar under normala omständigheter ute på åkern.

Insulin. Hormon som reglerar blodsockerhalten. Diabetiker bildar för lite insulin.

Gelelektrofores. Metod att sortera biologiska molekyler, exempelvis DNA-molekyler, av olika storlek. Detta sker genom att en elektrisk spänning tvingar de laddade molekylerna att vandra in i en geleaktig massa, där långa molekyler korsbundet med varandra och bildat ett snårigt nätverk. För DNA-molekyler sker sorteringen genom att molekylerna får allt svårare att ta sig fram i nätverket ju större de är. En lång DNA-molekyl förflyttar sig långsammare än en kort. (Se sidan 151 kap 24.)

Gen. Den del av en DNA-molekyl som beskriver ett protein. Till genen räknas ofta också omkringliggande DNA-sekvenser som styr hur ofta och när genen används.

Genbank. Samlingar av växter och frön. Dessa skapas för att bevara en stor mångfald av olika varianter och sorter av de grödor som används i jordbruket, samt av grödornas vilda släktingar. (Se faktaruta på sidan 38 kap 4.)

Genbibliotek. Ett genbibliotek från en viss art får man om man tar dess arvsanlag, klipper sönder dem i överlappande DNA-fragment och sätter in dem i en bärare (exempelvis en plasmid). I DNA-biblioteket kan man då hitta varje tänkbar del av artens arvsanlag. Genbibliotek används framför allt då man vill isolera en ännu okänd gen. (Se sidan 155 kap 24.)

Genetisk integritet. Människans rätt att själv få ha sina gener ifred och själv avgöra vem som ska få reda på hur hennes arvsanlag ser ut.

Genetiska fingeravtryck. Metod där man undersöker delar av DNA-molekylen, som inte beskriver några proteiner, för att undersöka om två prover kommer från samma eller olika individer. Eftersom föräldrar har hälften av sina arvsanlag gemensamma med sina barn kan metoden också användas för att avgöra faderskapsfrågor, både hos människor och djur.

Genkonstruktion. Det man får då man klippt och klistrat DNA-molekyler.

Genmanipulation. Att föra in nya gener i en levande varelse (bakterie, växt eller djur), eller att på annat sätt förändra dess arvsanlag.

Genmodifierad organism. En levande varelse (organism) där man fört in nya gener eller på annat sätt förändrat arvsanlagen.

Genmodifiering. Att föra in nya gener i en levande varelse (organism) eller att på annat sätt förändra dess arvsanlag.

Genom. En levande varelses hela uppsättning av arvsanlag. (Se sidan 159 kap 25.)

Gen teknik. Tekniker där man arbetar med DNA-molekyler. Idag kan man med dessa tekniker hitta de DNA-bitar som bär olika gener, föra in nya gener i olika varelser och analysera både gener och sådana avsnitt på DNA-molekylen där inga gener finns.

Gentest. Test för att undersöka vilken variant en individ har av någon gen. Idag finns ett stort antal tester för att avgöra exempelvis om man bär genen för en allvarlig ärftlig sjukdom, om man har en gen som ger hög risk för en viss cancerform eller om man har en gen som ger hög risk för biverkningar av ett läkemedel.

Genvariant. Många gener finns i olika former, varianter, hos olika människor. Exempelvis kan somliga människor ha genvarianter som ger dem blå ögon, medan andra har genvarianter som ger dem bruna ögon.

GMO. Förkortning av genmodifierad organism.

HUGO-projektet. Ett projekt under 1990-talet för att fastställa ordningsföljden av DNA-bokstäver i hela människans arvs massa. (Se sidan 159 kap 25.)

Hybrid DNA-teknik. Annat ord för rekombinant DNA-teknik. Se detta ord.

Hypofys. Körtel i hjärnan som bland annat bildar tillväxthormon.

Kloning av en gen. Att isolera och mångfaldiga en DNA-bit där genen ifråga sitter.

Kloning av en individ. Att skapa flera genetiskt identiska individer. (Se sidorna 102 kap 15 och 106 kap 16.)

Kromosom. En kromosom är en DNA-molekyl. Hos växter och djur ligger DNA-molekylerna i cellkärnan, men då cellen ska dela sig upplöses det membran som avgränsar kärnan, kromosomerna hamnar ute i cellen och lindar samtidigt ihop sig till korvliknande strukturer som är möjliga att studera under mikroskop. Dessa strukturer bildas av varsin DNA-molekyl, och ordet kromosom associeras ofta med dessa strukturer.

Kromosomavvikelse. Att man har för många kromosomer, för få kromosomer eller att delar av kromosomer försvunnit eller bytt plats med varandra

Kromosomanalys. Att man med mikroskop studerar celler som håller på att dela sig för att ta reda på om de innehåller rätt antal kromosomer och om dessa ser ut som de ska.

Kärnöverföring. Att slå ihop en liten kroppscell från ett djur eller en människa med en äggcell som berövats sin cellkärna. Därmed erhålles en cell som kan utvecklas till ett embryo, och som har samma arvsanlag som den individ som donerade kroppscellen. Detta embryo kan sedan antingen utvecklas till en klonad kopia av den individ som donerade kroppscellen. Eller användas till att göra embryonala stamceller som är genetiskt identiska med individens egna celler. (Se sidan 106 kap 16.)

Ligas. Ett protein som kan klistra ihop DNA-molekyler med varandra. (Se sidan 152 kap 24.)

Ligering. Den process där man klistrar ihop DNA-molekyler med varandra. (Se sidan 152 kap 24.)

Mikroinjektion. Att man med ett tunt glasrör för in DNA i en stor cell, ofta ett befruktat ägg.

Mitokondrie-DNA. DNA som finns i mitokondrierna, små kroppar i växt- och djurceller som ligger utanför cellkärnan. Eftersom inga mitokondrier kommer från en spermie till det befruktade ägget ärver ett barn allt sådant DNA från sin moder.

Mutation. Förändring i arvsanlagen.

Onkgen. Cancergen. Se detta ord.

PCR. Metod att mångfaldiga en del av en DNA-molekyl i ett prov. Kan användas även om det DNA som ska mångfaldigas bara finns i något enstaka exemplar i provet. Metoden beskrivs närmare på sidan 170 kap 26.

Plasmid. Ringsluten DNA-molekyl som kan finnas i en bakterie vid sidan av bakteriens huvudsakliga DNA-molekyl. Har allt som behövs för att kopieras och bli omhändertagen av bakteriens ordinarie system för att sköta om sina arvsanlag.

Promotor. Se styrsekvens.

Proteiner. Molekyler som utför nästan all aktivitet som sker i levande varelser. Består av byggstenar som kallas aminosyror.

Reglerande protein. Protein som styr hur mycket olika gener i en cell ska användas, det vill säga hur mycket som ska bildas av de proteiner genen beskriver. Detta sker genom att det reglerande proteinet binder de styrsekvenser som sitter på DNA-molekylen strax före beskrivningen av proteinet. Genom att binda dit kan det reglerande proteinet göra det svårare eller lättare för de processer att starta, som leder till att informationen i genen används för att bygga proteiner.

Rekombinant DNA-teknik. Gammalt namn för teknikerna att klippa och klistra med DNA-molekyler och föra in de genkonstruktioner man därmed åstadkommit i nya celler, till exempel bakterier.

Resistens. Motståndskraft.

Resistensgen. Gen som gör en cell eller hel organism motståndskraftig mot gifter, sjukdomar, antibiotika etc.

Restriktionsenzym. Protein som kan klippa DNA-molekyler vid speciella igenkänningssekvenser.

Ribosomer. Cellens ”proteinfabriker”, små kroppar inne i cellerna som utför hopfogningen av byggstenar (aminosyror) till nya proteiner.

RNA. Ribonukleinsyra, ett moleky slag som påminner om DNA och spelar flera viktiga roller i de processer där informationen i DNA-molekylen används för att bilda proteiner.

Selektiv abort. Abort som sker utifrån kunskap om vilka gener eller egenskaper det barn som annars skulle födas skulle ha.

Sekvens. Ordningföljd av byggstenar i en molekyl. En DNA-molekyls sekvens är dess ordningföljd av bokstäverna A, T, G och C.

Sekvensbestämning. Att ta reda på i vilken ordning bokstäverna ligger på en DNA-molekyl. På sidan 159 kap 25 beskrivs närmare hur detta kan gå till.

Shotgun-teknik. Ett sätt att sekvensbestämna långa stycken DNA genom att klippa det i överlappande bitar, sekvensbestämna var bit för sig och sedan låta datorer pussla ihop de olika bitarna av sekvensen med varandra. (Se sidan 165 kap 25.)

Somatisk genterapi. Att föra in nya gener i kroppsceller, som inte kan utvecklas till könsceller. De nya generna förs därmed inte vidare till kommande generationer. (Se sidan 81 kap 12.)

Stamcell. Cell som inte är färdigspecialiserad och som då den delar sig bildar dels en ny stamcell, dels en cell som utvecklas vidare mot någon av de celltyper som utför olika arbetsuppgifter i kroppen.

Styrsekvens. Ett område på DNA-molekylen, alldeles före en beskrivning av ett protein, som har stor betydelse för att avgöra hur mycket genen ska användas, det vill säga hur mycket som ska bildas av det protein genen beskriver. Detta sker genom att olika reglerande proteiner binder styrsekvensen och antingen hjälper eller försvårar de processer som till slut gör att proteiner bildas från genen.

Stärkelse. Det ämne som potatismjöl består av. Är uppbyggt av långa kedjor av enkla sockergrupper.

Terapeutisk kloning. Att med kärnöverföring skapa ett embryo från vilket embryonala stamceller odlas. De embryonala stamcellerna kan därmed bli genetiskt identiska med cellerna hos den patient som ska få transplantation. (Se sidan 114 kap 17.)

Transformation. Att föra in en ny gen i en cell.

Transgen. Genmodifierad. Se detta ord.

Vaccin. Ett ämne som sprutas in i kroppen och som liknar ett smittämne. Genom att immunförsvaret reagerar mot vaccinet kan man bli immun mot smittämnet.

Vuxna stamceller. Celler i kroppen hos en vuxen människa som inte är färdigspecialiserade utan delar sig varvid de ger upphov dels till en ny stamcell, dels till en cell som utvecklas mot en specialiserad cell.

Xenotransplantation. Transplantation över artgränser.

Zygotisk genterapi. Tanken att föra in nya gener i en människa på ett sådant sätt att de nya generna kan gå i arv till kommande generationer. (Se sidan 89 kap 14.)