

# Förändra gener

De senaste årtiondena har människan lärt sig förändra livets innersta ritningar.

Vi ändrar idag generna i andra levande varelser för att få nya läkemedel, mer och näringsrikare mat, nya råvaror till industrin och nya kunskaper om hur vi själva och naturen fungerar. Men har vi verkligen obegränsad rätt att förändra andra livsformer?



## Medicin från bakterier

Tillväxthormon är ett litet protein som tillverkas i hypofysen i hjärnan hos barn och ungdomar. Det beordrar kroppens olika delar att växa. Människor som bildar för lite av detta protein blir kortväxta. De får vad man kallar hypofysär dvärgväxt.

Under 1970-talet började det svenska läkemedelsföretaget Kabi-Vitrum sälja tillväxthormon som renats från hypofysen på avlidna människor. Detta var en dyr och riskfylld metod. Varje dvärgväxt som behandlades fick hormon från många olika avlidna personer och man fruktade att smittämnet för Creutzfeldt-Jakobs sjukdom (människans motsvarighet till "galna ko-sjukan") skulle kunna

förorena läkemedlet och smitta dem som behandlades.

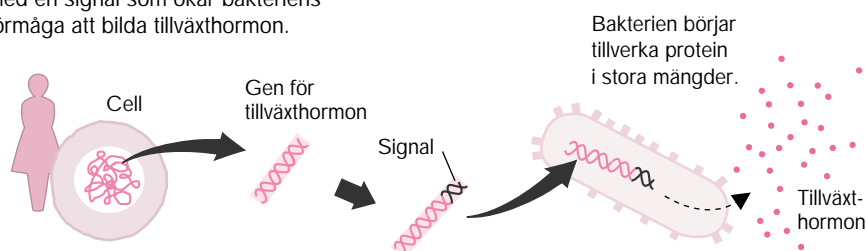
### Bakterier som tillverkar hormon

I detta läge fick Kabi-Vitrums forskningschef Bertil Åberg veta att forskare i USA hade funnit genen för människans tillväxthormon. Han har berättat hur han omedelbart när han fick reda på detta beställde biljett på nästa plan till USA, uppsökte forskarna och köpte rätten att använda genen av dem.

Genen för tillväxthormon sattes sedan in i en typ av bakterier, som finns i alla människors tarmar och heter *Escherichia coli*. Men först fäste man en bit

### Tillverka hormoner i bakterier

Genen för tillväxthormon tas från människo-DNA och klistras ihop med en signal som ökar bakteriens förmåga att bilda tillväxthormon.



DNA vid genen, som instruerade bakterierna att bilda stora mängder av proteinet. Bakterierna lades sedan i stora tankar. Där fanns all näring de behövde, lagom temperatur och god syretillförsel. Bakterierna kunde växa snabbt, dela sig och samtidigt bilda stora mängder tillväxthormon.

Med jämna mellanrum tömdes det mesta av bakterierna bort från tankarna och tillväxthormon renades fram från dem. Samtidigt fylldes tankarna med mer näringsämnen, så att de kvarvarande bakterierna kunde fortsätta växa och dela sig. På detta sätt kunde man snabbt och enkelt tillverka stora mängder hormon, som kunde användas av dvärgväxta över hela världen. Därmed blev Kabi-Vitrum ett av de första företagen i världen att sälja ett läkemedel tillverkat med genteknik.

### **Andra gentekniska mediciner**

En rad läkemedel tillverkas idag på detta sätt av genmodifierade bakterier eller andra celler. Dit hör insulin för diabetiker, Faktor VIII och Faktor IX för blodarsjuka, TNF som motverkar vissa cancerformer, hormoner som kan hjälpa dem som har svårt att få barn och proteiner som löser upp blodproppar. Våren 2002 såljs mer än tjugo olika typer av läkemedel som tillverkats med genteknik på apoteken i Sverige.

### **Medicin från cancerceller**

Många av de proteiner, som tillverkas med genteknik för att användas som

läkemedel, bildas liksom tillväxthormon av genmodifierade bakterier. Andra tillverkas av jästceller. Ytterligare andra tillverkas i tumörceller från hamstrar. I USA förekommer till och med att proteiner tillverkas i tumörceller från människor. Men varför nöjer man sig inte med att använda bakterier?

Jo, många proteiner hos både människor och djur måste för att fungera förändras en aning efter det att de bildats. Exempelvis kan en liten bit av proteinet behöva klippas bort, eller en sockermolekyl fästas vid det. I djurceller finns därför ett speciellt maskineri som utför sådana förändringar.

Detta maskineri saknas dock hos bakterier. I jästceller ser det något annorlunda ut än hos däggdjur. I hamsterceller fungerar maskineriet däremot likadant som hos människor.

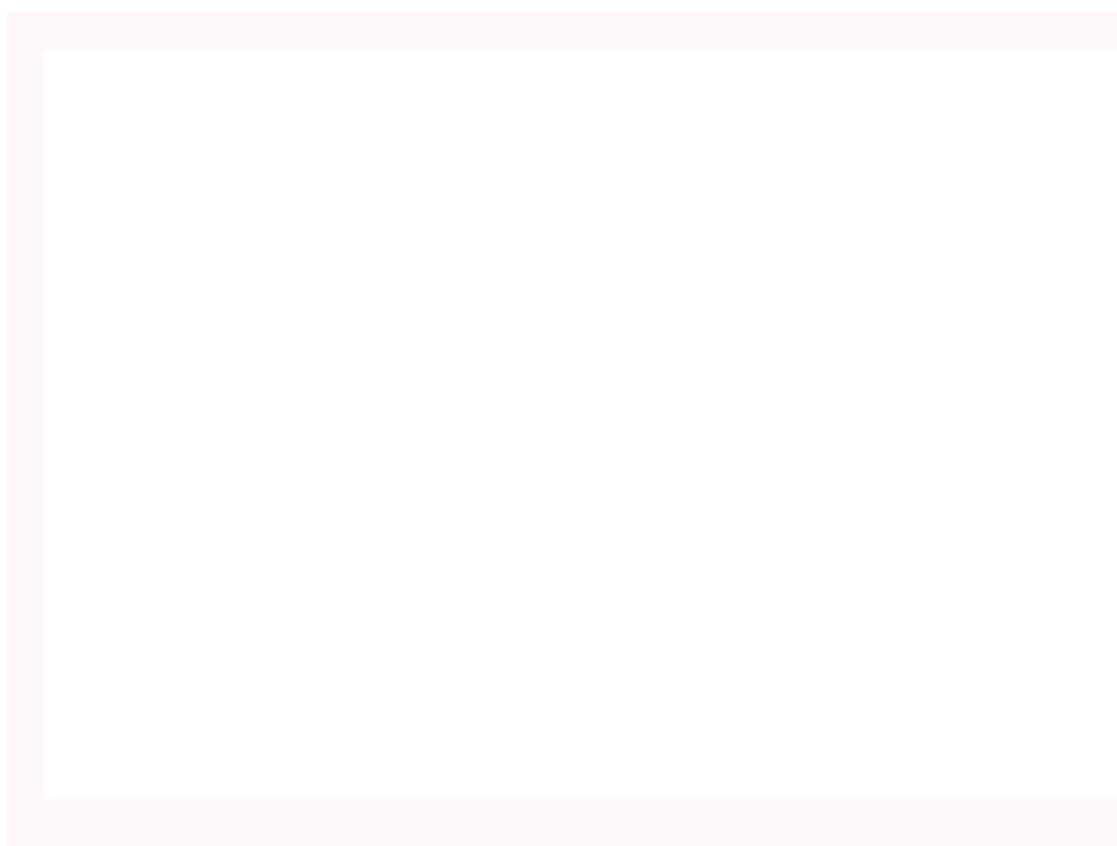
Sätter man in genen för ett mänskligt protein i en bakterie kommer därför det protein bakterien tillverkar inte att genomgå dessa förändringar. Ibland fungerar proteinet bra i alla fall. Så är fallet med tillväxthormon. Då låter man bakterier tillverka proteinet, eftersom bakterier är mycket billigare i drift än jäst- och hamsterceller. Men om proteinet inte fungerar om man tillverkar det i bakterier får man istället tillverka det i däggdjurs celler.

Men varför använder man tumörceller och inte vanliga celler? Svaret på den frågan är mycket enkel. Vanliga celler från däggdjur delar sig långsamt och har kort liv om man tar ut dem ur krop-

pen och lägger dem i näringslösning. Tumörceller delar sig däremot ofta och har evigt liv. Har man väl en gång fått in den nya genen på rätt sätt i en tumörcell kan man därför få nästan hur många celler som helst att tillverka proteinet.

Några företag i USA, som använder cancerceller från människa för att till-

verka olika proteiner, har dock fått oväntade problem. Cancercellerna kommer ju ursprungligen från en cancerpatient. Släktingar till dessa patienter hör nu av sig och kräver andel i de vinster som deras avlidna anförvinters celler är med och skapar.





## Regler kring genförändrade bakterier

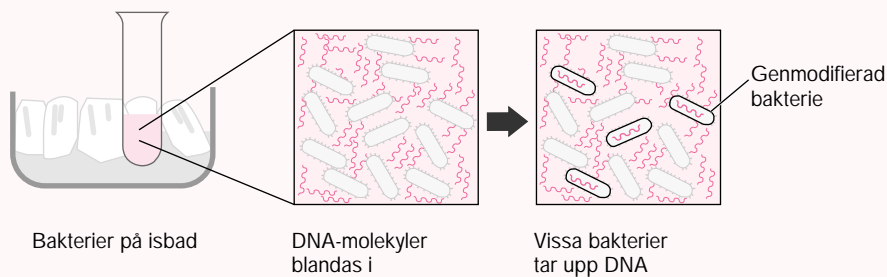
För att föra in gener i bakterier eller andra celler, som inte släpps ut i naturen utan hålls inestängda i ett laboratorium eller en fabrikslokal, krävs tillstånd från arbetsmiljöverket. De granskar att hanteringen inte innebär några risker för de inblandades hälsa.

För att ett läkemedel framställt med genteknik ska få säljas krävs samma tester och granskning som för alla andra läkemedel.

(Se sidan XX.)

### Att föra in en ny gen i en bakterie

Att föra in en ny gen i en bakterie är mycket lätt. Man tar bakterier som har gott om näring och som därför är i full gång med att växa och dela sig. De tvättas i en lösning av ett ämne som heter kalciumklorid (samma ämne som i vägsalt) och provröret med bakterier sätts sedan på isbad. Därefter håller man på en lösning med de DNA-molekyler man vill föra in i bakterien, blandar och låter blandningen stå ett tag. Efter tjugo minuter har ungefär var tusende bakterie tagit upp DNA, och man har hundratals genmodifierade bakterier i provröret.



## Några läkemedel på svenska apotek som tillverkas med genteknik



**Insulin** för diabetiker

**Tillväxthormon** för dvärgväxta

**Faktor VIII** mot blödarsjuka typ A

**Faktor IX** mot blödarsjuka typ B

**Interferon- $\alpha$**  mot gulsot

**Interferon- $\beta$**  som mildrar multipel skleros

**Interferon- $\gamma$**  mot ett fel i immunförsvaret

**Erytropoetin** som motverkar blodbrist

**Plasminogenaktivator** som hindrar blodet från att koagulera vid kranskärloperationer

**CSF, Colony Stimulating Factor** som förstärker immunförsvaret vid cellgiftsbehandling

**Glukagon** som hjälper diabetiker vid akut blodsockerbrist

**DNAs** som mildrar symptomen vid cystisk fibros

**Follikelstimulerande hormon** mot vissa former av ofrivillig barnlöshet

**Tumor Necrosis Factor** mot vissa former av cancer.

**Faktor VIIa** som hjälper blödarsjuka vid operationer och blödningar

**CD20-antikroppar** som får kroppens försvar att angripa vissa tumörer.

**RSV-antikroppar** som stärker kroppens försvar mot ett virus som kan ge lunginflammation.

**Calcitonin** mot allvarlig kalkbrist

**Gulsotvaccin**

**Koleravaccin**



## Bakterier som sanerar

Somliga bakterier kan bryta ner miljögifter. Många av dem använder gifterna som energikälla och bryter ner dem till koldioxid och vatten. Under de senaste årtiondena har man letat efter sådana bakterier för att använda dem till att sanera efter olika utsläpp. Man har då bland annat upptäckt att en del naturliga bakterier kan bryta ner olja, och sådana bakterier har flera gånger utnyttjats för att sanera efter oljeutsläpp i USA.

### Effektivare bakterier

När man försökt använda naturliga bakterier för att sanera efter andra utsläpp än olja uppstår dock problem. Man har i många fall hittat bakterier, som i princip kan bryta ner den kemikalie man vill bli av med, men som inte varit tillräckligt effektiva. Därför har genforskare under de senaste årtiondena på olika sätt försökt förbättra dessa bakteriers förmåga att bryta ner olika kemikalier.

- De har ändrat i de delar av DNA-molekylen som avgör hur mycket bakterien bildar av proteiner som deltar i nedbrytningen. Därmed har man fått bakterier som tillverkar mer än förut av dessa proteiner. Man ökar alltså antalet ”nedbryt-

ningsmaskiner” i bakterierna, som därmed kan arbeta snabbare.

- Man har fört ihop gener från flera olika bakterier, och har därmed fått bakterier som kan bryta ner ett större antal olika ämnen. Man kombinerar alltså flera olika ”nedbrytningsmaskiner” med varandra i en och samma bakterie, som därigenom kan angripa flera olika slags miljögifter.

- De har fört ihop gener från flera olika bakterier för att få en bakterie som kan bryta ner helt nya ämnen. Ibland finner man nämligen bakterier som kan börja bryta ner ett miljögift, men som bara omvandlar det till ett annat giftigt ämne. För att bakterien ska kunna fortsätta bryta ner detta till helt ofarliga ämnen måste den få en eller några nya gener. Dessa hittas ofta i någon annan bakterie.

På dessa sätt har forskarna lyckats förbättra en rad olika bakteriers förmåga att bryta ner miljöfarliga ämnen. Det gäller bland annat PCB och andra polyklorerade kolväten. Man hoppas att sådana bakterier ska kunna användas för att bryta ner överblivna kemikalier i slutna tankar.





Det vore dock ännu bättre om man kunde få sådana förbättrade bakterier att fungera på plats i naturen, till exempel på en industritomt som måste saneras, eller i en vägkant där en olycka har hänt vid en kemikalietransport. Men hittills har det varit svårt att få bakterierna att fungera i sådana miljöer. Dels är det ofta svårt för bakterierna att nå fram till kemikalierna i markens porer. Dels har de bakterier forskarna modifierat levt så många generationer i laboratoriets ombonade miljö att de tappat egenskaper som behövs för att konkurrera med andra bakterier i den stenhårda kampen om mat och livsrum i en naturlig miljö. Många forskare arbetar dock intensivt för att lösa dessa problem.

### Sanera med växter

Ett alternativt sätt att utnyttja levande varelser för att sanera efter miljögifter är att låta växter ta upp ämnena. Många växter har redan förmågan att ta upp och binda tungmetaller. Forskarna undersöker därför om de med genteknik kan öka växternas förmåga att ta upp miljöfarliga ämnen. Om sådana förbättrade växter odlas på ett område som ska saneras och de sedan används som

bränsle, skulle man kunna ta hand om de farliga ämnena ur askan.

Dessutom undersöker forskare om det går att designa ”paket” av växter och bakterier som fäster vid växtens rot, där bakterierna bryter ner olika giftiga kemikalier.

Idag är det svårt att veta vilken av dessa strategier som kommer att vara lyckosammast. Kanske marken i gamla nedsmutsade fabriksområden i framtiden renas genom att man sprider ut genmodifierade bakterier. Kanske genom att man sår genmodifierat gräs. Kanske man kommer att använda växter för att sanera efter vissa kemikalier medan bakterier används för andra.



### Regler kring utsläpp av genmodifierade bakterier

För att man ska få släppa ut en genmodifierad bakterie i naturen krävs tillstånd från Kemikalieinspektionen. Innan tillstånd ges ska man granska att utsläppet inte innebär några risker för hälsa och miljö.

## Tomater som inte mjuknar

Ända sedan människan började bedriva jordbruk har hon försökt påverka generna i olika grödor för att få högre avkastning och bättre mat. Hon har i årtusenden korsat olika varianter av växter med varandra för att få nya och bättre grödor. Sådan klassisk växtförädling är dock ett trubbigt verktyg. Man vet aldrig exakt vilka gener man kombinerar med varandra, och man kan bara utnyttja de gener som redan från början finns hos olika varianter av en växtart och hos artens nära släktingar.

Sedan några årtionden kan man dock med genteknik föra in helt nya arvsanlag i växter. Därmed kan man göra växtförädling med en precision och noggrannhet man aldrig tidigare haft. Forskare och växtförädlingsföretag jorden runt försöker därför använda genteknik för att skapa olika växter som kan producera näringsrikare eller godare mat, eller ge högre avkastning från åkrarna.

### **Det gyllene riset**

Ett av de bästa exemplen på sådan växtförädling är ett arbete som man hoppas ska leda till att man kan undvika allvarliga bristsjukdomar i Sydostasien. Där

lider mer än hälften av kvinnorna av svår järnbrist under graviditeten, och tiotusentals människor blir varje år oåterkalleligt blinda på grund av A-vitaminbrist. Detta beror på att det ris, som är deras huvudsakliga föda, varken innehåller några större mängder av vitamin A eller järn. Dessutom innehåller

riset ett ämne som aktivt hindrar tarmarna från att ta upp järn från andra livsmedel.

Forskare har därför med genteknik utvecklat vad de kallar "Det gyllene riset". Riset är guldfärgat av rikliga mängder beta-karoten, som i kroppen omvandlas till vitamin A. Det innehåller dessutom mycket mer järn än vanligt ris. Riskornen är nämligen modifierade så att det blir lätt för tarmarna att ta upp järn ur riset. Detta har man åstadkommit genom att föra in sex nya gener i risplantan. Generna beskriver

- **tre proteiner** som tillsammans kan tillverka beta-karoten,
- **ett protein** som binder järn i ris-kornet,
- **ett protein** som hjälper tarmen att ta upp järn, och
- **ett protein** som bryter ner det ämne i riset, som hindrar tarmarna från att ta upp järn.

Dessa gener håller nu på att korsas in i ett hundratal rissorter, som bönder sedan länge använder på olika håll i världen. De nya risvarianter som då skapas kommer att släppas fria till småjordbruk i tredje världen, så att bönderna kan använda dem utan patentkostnader.

### Nyttigare mat

Det finns en lång rad andra forskningsprojekt för att göra mat mer näringsrik och nyttig. Man har exempelvis lyckats få fram en rapsplanta med fler fleromättade och mindre mättade fettsyror.

Matolja och margarin från sådan raps skulle möjligen minska risken för hjärt- och kärlsjukdomar. Forskning pågår för att öka mängden så kallade essentiella aminosyror i proteinerna i ris- och vetekorn. Det är en typ av aminosyror som människokroppen inte kan tillverka, och som vi därför måste få i oss med kosten. Om försöken lyckas skulle ris, bröd och makaroner ge fullvärdig proteinföda, och behovet av kött, soja eller baljväxter minska.

### Fruktar som inte mjuknar

Med genteknik skulle man också kunna få frukter och grönsaker att hålla längre.

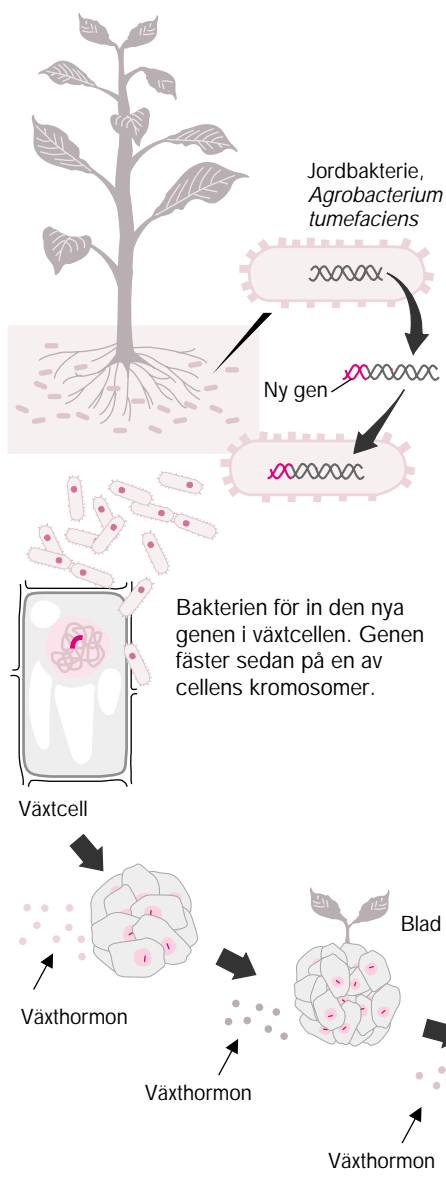
Många goda tropiska frukter når aldrig våra affärsdiskar därför att de mjuknar så snabbt, att man inte hinner plocka frukterna, transportera dem och vänta på att någon ska köpa dem innan de har blivit förstörda. Samma problem finns med tomater. De mjuknar så snabbt när de väl mognat, att man idag är tvungna att plocka dem gröna och sedan låta dem mogna under transporten till våra butiker.

Allt detta beror på att tomater och andra frukter innehåller ett protein, som bryter ner de cellväggar som ger frukten dess stadga. Frukten släktingar i naturen behöver proteinet för att små djur ska kunna ta sig in i frukten, äta fröna och sprida dem. Men i frukt- och tomatodlingar gör det ingen nytta. Man har därför skapat genmodifierade tomater, som tillverkar mycket mindre än normalt av detta protein. En modifierad tomatsort används idag i Storbritannien för att tillverka tomatpuré och ketchup. En annan tomatsort förändrades på samma sätt för att säljas över grönsaksdisken, men den tomatsort man utgick från visade sig ha så tunt skal att det sprack då tomaterna mognade på kvist. Nya varianter av sådana tomater är dock på väg. Och i framtiden kanske samma ingrepp på andra arter leder till att utbudet i de svenska fruktdiskarna ökar dramatiskt.

Växter som med hjälp av genteknik blivit nyttigare eller mer användbara, för dem som vill äta dem, finns ännu inte på hyllorna i våra matbutiker. De

genmodifierade växter, som hittills odlats i stor skala, har istället gener som ökar avkastningen eller underlättar för bönderna. Om sådana växter handlar nästa kapitel, där vi också diskuterar om det finns några risker med genmodifierade växter, och vilka riskerna i så fall är.





### Att föra in nya gener i växter

Det finns två sätt att föra in nya gener i en växtcell.

1. Man använder en genkanon, där man fäster DNA på små kulor av wolfram eller guld, som sedan skjuts in i växtcellerna.
2. Man utnyttjar en jordbakterie, *Agrobacterium tumefaciens*, som i årmiljoner försörjt sig genom att föra in gener i roten eller stammen hos växter och därmed tvingat dem att tillverka näringsämnen åt bakterierna. Gentekniker kan idag byta ut de gener bakterien brukar föra in i växten mot dem de själva vill ha in. Sedan låter de bakterien föra in generna i växtceller, och får därmed växtceller med de önskade generna.

De genmodifierade växtcellerna måste sedan bilda hela plantor. Detta åstadkommer man genom att styra vilka hormoner växtcellerna får. En viss balans mellan olika växthormoner gör att de genmodifierade cellerna bildar en liten cellklump. Tillsätter man mer av ett hormon skjuter det ut skott från cellklumpen. Genom att åter ändra balansen mellan olika hormoner kan man få rötter att växa ut. Därmed har man fått en färdig genmodifierad planta.

## Att utveckla en genmodifierad gröda

Att utveckla grödor med nya gener tar betydligt längre tid än att bara föra in en ny gen i en planta.

1. Först krävs ett intensivt forskningsarbete för att hitta de gener som kan ge växten den önskade egenskapen, och för att testa dem i laboratoriet.
2. De gener som ska föras in i grödan sätts på en lämplig genkonstruktion som förs in i växtceller. Man får sedan enskilda genmodifierade celler att bilda hela plantor.
3. Därefter plockar man ut några av dessa plantor, där den önskade egenskapen fungerar som tänkt. Exempelvis plantor som innehåller mycket vitamin A eller tål ett visst ogräsmedel. (Hos olika plantor märks den nya egenskapen olika mycket. Det beror på att genkonstruktionen kan slå sig ner på olika ställen i växtens arvsanlag. Var den slår sig ner påverkar hur mycket det bildas av genens protein. Och mängden protein avgör hur tydlig den nya egenskapen blir.)
4. Genmodifierade plantor med den nya egenskapen korsas sedan med de sorter av grödan som växtförädlingsföretaget redan tidigare förädlat fram. Därmed får man en gröda som både har de önskvärda egenskaper de tidigare sorterna hade, och dessutom den egenskap de nya generna gav.

## Kemikalietålig majs

Insektslarver äter blad och rötter hos många grödor och kan därför ställa till med stora problem för jordbrukare. Bönderna har svarat med att spruta olika former av insektsmedel över åkrarna. Några av dessa insektsmedel kommer faktiskt från naturen själv, från olika varianter av en liten bakterie, *Bacillus thuringensis*. De tillverkar små kristaller av proteiner, som är giftiga för olika

insektslarver, men inte för människor. En variant av bakterien tillverkar ett protein som är giftigt för en grupp av insekter, en annan variant tillverkar ett protein som är giftigt för en annan grupp insekter, och så vidare.

I många år har man därför sprutat levande eller avdödade bacillus-bakterier över odlingar i en form av biologisk krigföring mot somliga skadeinsekter.





Sedan några år tillbaka finns det dessutom grödor, där man fört in genen för något av dessa proteiner i växten, så att proteinet bildas inne i grödan. De larver som försöker äta av växten dör, och fältet skonas från angrepp. En betydande andel av den majs som odlas i Nordamerika har fått sådana gener, liksom en del av den bomull som odlas i så skilda länder som Kina, Sydafrika, Argentina och USA.

### Växter som tål kemikalier

Den vanligaste typen av ”nya” gener hos världens genmodifierade växter är gener som gör växterna tåliga mot ogräsmedel. Många ogräsmedel är nämligen giftiga inte bara för det ogräs människan vill bli av med, utan också för de grödor man vill odla. Ogräsmedlet fäster sig ofta vid något viktigt protein i växten och hindrar det från att göra sitt jobb. Växten klarar inte detta och skadas eller dör. För att undvika att grödorna drabbas av sådana problem kan man föra in en ny gen, som gör att växten kan tillverka en ny variant av proteinet som ogräsmedlet inte kan fästa vid. Därmed kommer grödan att ha proteiner som är okänsliga för detta ogräsmedel, och växten kommer att kunna växa och må bra även när man besprutat.

Genom att använda sådana grödor kan bönderna vänta med att bespruta åkrarna till dess såväl gröda som ogräs börjat växa. Därmed får det ogräsmedel bonden använder bättre effekt och avkastningen ökar. Mycket av den majs

och soja som idag odlas i Nordamerika har fått sådana gener.

I framtiden skulle denna teknik också kunna användas till att framställa bekämpningsmedel som är mer skonsamt mot miljön än nuvarande sorter. Tidigare har man nämligen bara kunnat använda kemikalier som är giftiga för ogräs, men någorlunda skonsamma mot de grödor man vill odla. Med den nya tekniken skulle man istället kunna välja kemikalier som visserligen är giftiga för ogräset men snabbt bryts ner i marken och därför är mindre skadliga för miljön. Sedan skulle olika grödor kunna ändras så att de tål en sådan kemikalie.

Stora delar av miljörörelsen motsätter sig dock starkt att man gör genmodifierade växter som tål ogräsmedel. De menar att vi med sådana grödor legitimerar kemikalieanvändning och cementerar det storskaliga, kemikalieberoende jordbruket.

### Ökad avkastning?

Genteknik används på många andra sätt för att få fram grödor som kan öka avkastningen eller underlätta för bönderna. Forskning och utveckling pågår till exempel för att få fram grödor som är motståndskraftiga mot virusangrepp, svampar och bakterier. Mycket arbete sker också för att försöka få fram växter som bättre kan tåla kyla, torka eller salt. Sådana grödor skulle ha stor betydelse för att bedriva jordbruk i områden där detta inte är möjligt idag.

Många hoppas därför att genmodifierade växter ska göra det möjligt att väsentligt öka avkastningen från världens åkrar och lägga stora nya områden under plogen. Detta skulle i så fall kunna öka livsmedelsproduktionen betydligt. Kan detta dessutom kombineras med att man utvecklar grödor med mer mineraler och vitaminer än dagens skulle gentekniken kunna ge ett viktigt bidrag till att försörja jordens snabbt ökande befolkning.

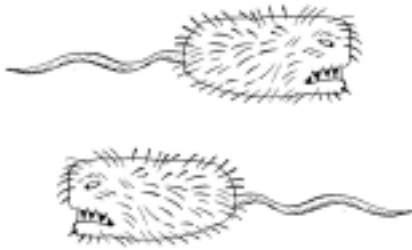
När mat från genmodifierade växter började släppas ut på hyllorna i våra butiker startade en häftig debatt. Miljöorganisationerna uppmanade till boj-

kott av mat från "genmanipulerade" växter och Sverige kämpar i EU för obligatorisk märkning av mat från genmodifierade organismer. Varför har dessa tekniker väckt så stark kritik? Finns risker med genmodifierade växter? Och vilka är de i så fall?

### **Är det farligt att äta gener?**

Debatten kring genteknik på växter har gjort att många tror att det är farligt att äta DNA. Men all mat vi äter kommer från levande växter eller djur, där varje cell innehåller flera meter DNA. Varje tugga vi tar innehåller därför tusentals kilometer DNA. Vi har alltså alltid ätit

enorma mängder främmande DNA utan att det orsakat några problem. Oftast är inte ens de gener, som man satt in i genförändrade växter, främmande för våra magar. De kommer ofta från andra växter, bakterier eller fiskar som ibland passerar våra tarmar. Främmande DNA är alltså i sig självt inte farligt.



### Antibiotikaresistens

Varför har det då varit en diskussion om att det kan vara farligt att äta genmodifierad mat? Därför att många genförändrade växter innehåller gener som ger motståndskraft, resistens, mot ett antibiotikum. Dessa gener har ingen funktion i den färdiga grödan utan är en rest från själva konstruktionsarbetet av den första genmodifierade plantan. Idag håller man på att utveckla metoder så att framtidens genmodifierade grödor inte ska innehålla sådana gener.

Det pågår en intensiv diskussion kring riskerna med sådana gener som ger resistens mot antibiotika. Alla är ense om att det är teoretiskt möjligt att denna typ av gener skulle kunna tas upp av bakterier i mag-tarmkanalen och sedan spridas till sjukdomsalstrande bakterier.

Trots ett intensivt letande har man dock inte hittat någon sådan överföring. Och de flesta, som studerat frågan, menar att även om det skulle förekomma, skulle detta inte nämnvärt öka risken för resistenta infektioner. De flesta av oss har nämligen redan stora mängder bakterier i tarmarna som bär just dessa resistensgener.

### Ekologiska effekter

Mycket av kritiken mot att odla genmodifierade växter rör risken för att de nya generna kan spridas till andra växter och att det i sin tur skulle kunna leda till att ekosystemen förändrades. Skräckscenariot är att något liknande ska hända, som inträffade då engelsmännen första gången förde in kaniner i Australien. Kaninerna saknade naturliga fiender, förökade sig mycket snabbt och bildade stora horder som åt upp all växtlighet som kom i deras väg. Skulle något liknande kunna hända om nya gener hoppar från de växter vi odlar på åkern till andra växter i dikeskanten?

Vi vet att gener relativt lätt kan överföras från grödor på åkrar till närbesläktade växter i dikeskanten, helt enkelt genom att grödan pollinerar (befruktar) sin vilda släkting. Problem skulle då kunna uppstå om det finns närbesläktade vilda växter i det område där växten odlas, och om den växt som tar upp en ny gen får någon fördel framför andra växter, så att den kan sprida sig och förändra ekosystemen. Detta måste rimligen bero på vilken gen det är frågan

om. En gen som påverkar sammansättningen av fetter hos raps kanske varken gör till eller från hos åkerkål. Men vad händer om gener som gör växter tåligare mot kyla sprids till vilda växter eller om gener som ger resistens mot ett ogräsmedel hamnar i en skadeväxt?

Man kan därför inte ge något generellt svar på frågan hur stora riskerna är att nya gener kan spridas på ett sätt som påverkar ekosystemen. Riskerna måste bedömas från fall till fall. En sådan bedömning görs idag på EU-nivå för varje ny gröda som får tillstånd att användas. Miljörörelsen kritiserar dock ofta de tillstånd som ges, för att man inte tagit tillräcklig hänsyn till dessa risker.

### **Makten över världens mat**

Utvecklingen av genmodifierade grödor har gått hand i hand med att företag inom växtförädling slagits ihop och köpt upp varandra. I hela världen idag bara återstår några få stora konglomerat av växtförädlingsjättar. Makten över världens mat koncentreras därför i allt färre händer. Många debattörer fruktar att om dessa företag lyckas utveckla genmodifierade supergrödor kommer dessa att tränga undan många lokala grödor. Mångfalden skulle minska, jordbruket bli mer sårbart och de transnationella företagens makt över världens livsmedelsproduktion skulle stärkas ytterligare.

### Genmodifierade växter som får odlas i EU (aug 2001)

**Tobak** med resistens mot ett ogräsmedel.

**Majs** med resistens mot en grupp skadeinsekter.

**Majs** med resistens mot ett ogräsmedel.

**Raps** med resistens mot ett ogräsmedel.

**Nejlika** med ändrad färg.

**Nejlika** med förlängd hållbarhet

**Rosésallad** för fröproduktion med en gen som gör hanväxter sterila.



## Regler kring genmodifierade grödor

För att genmodifiera växter och hantera dem i laboratorier och växthus krävs att anläggningen är godkänd för detta ändamål av Jordbruksverket. Vidare måste all användning av genteknik i anläggningen anmälas dit.

För att släppa ut en gröda utanför laboratorier och växthus i ett fältförsök krävs tillstånd från jordbruksverket (för grödor odlade på åkrar) eller Skogsstyrelsen (för träd). Dessa myndigheter ska granska att utsättandet inte kan orsaka skador för hälsa och miljö.

För att få börja sälja ett genmodifierat utsäde krävs tillstånd som ges på EU-nivå och gäller för hela EU. Dessutom måste grödan gå genom samma process som alla andra nya grödor för att få ett så kallat sortgodkännande.

Även för att importera jordbruksprodukter, som odlats från genmodifierat utsäde, krävs samma slags tillstånd. Detta har skapat konflikter med USA, som har ett annat regelsystem. Där gör man ingen skillnad mellan genförändrade grödor och andra grödor. Alla växter med nya egenskaper måste uppfylla samma krav och klara samma tester, oavsett vilken metod man använt för att skapa den nya egenskapen. I USA uppfattar man därför EUs specialregler för genmodifierade grödor som handelshinder.

## Genbanker

Runt om i världen skapas nu genbanker, där ett stort antal olika sorter och varianter av grödor och deras vilda släktingar sparas. Genbankerna fungerar på ett sätt som påminner om botaniska trädgårdar.

Växterna odlas på små arealer, och från dem samlas och sparas frön som i regel lagras i frysrum under kontrollerade former.

Varför sker nu detta arbete? Jo, modern växtförädling skapar ofta nya sorter och varianter av grödor, som på olika sätt är bättre än de tidigare. De kan till exempel ha bättre näringsinnehåll, vara lättare att lagra eller ge högre avkastning. Bönder runt om i världen övergår allt mer till att använda dessa förbättrade grödor. Ett stort antal äldre sorter och varianter av grödorna riskerar därmed att försvinna.

Det kan dock med tiden visa sig att dessa äldre grödor har egenskaper och gener som är viktiga och värdefulla för framtida växtförädling.

Till exempel resistens mot sjukdomar eller skadedjur, som bara förekommer på de ställen där den traditionella grödan odlades. Eller tålighet mot speciella väderförhållanden.

Genom att i genbanker spara olika varianter och sorter av olika grödor försäkras man sig om att för framtiden behålla i varje fall en del av dagens genetiska variation.

## Biologisk smörjolja

Tänk er en banan som innehåller vaccin mot kolera och några andra sjukdomar och att ett träd med sådan bananer planteras i byar och parker i de delar av världen där dessa sjukdomar är vanliga. Barnen äter regelbundet bananerna och blir automatiskt immuna, utan att vaccinationspatruller måste åka fram och åter med kylväskor, injektionsnålar och tabletter.

Sådana bananer finns inte idag. Men det finns läkemedelsföretag som satsar stora pengar på forskning och utveckling för att skapa genmodifierade fruktträd, så att läkemedel och vacciner kan ges som färska frukter. Fruktträd med vacciner skulle kunna planteras där de behövs, förutsatt att någon har råd att betala för dem. Och framtidens apotek kanske kommer att innehålla en stor

kyldisk med frukter, grönsaker och juicer med olika läkemedel.

Detta är ett exempel på hur modifiering av växter skulle kunna användas för att tillverka helt andra saker än vanliga livsmedel. Det finns många andra exempel.

### **Plast från potatis?**

I Svalöv i Skåne har man utvecklat en potatis, som skulle kunna användas för att göra biologiskt nedbrytbar plast. Istället för att framställa plast av mineralolja skulle man kunna göra den av potatis. Och istället för att ligga kvar och skräpa i årtionden skulle en plastflaska, som någon kastat i diket, brytas ner nästan lika fort som ett äppelskrott.

Anledningen till att man inte kan göra sådan plast med dagens potatisar är att det i potatis finns två sorters stärkelse blandade med varandra: rak och grenad. För att göra plast skulle man behöva potatis som framför allt innehåller rak stärkelse. Men i vanlig potatis finns framför allt grenad stärkelse. Att sära de två sorternas stärkelse från varandra är mycket dyrt och energikrävande. Genom att ändra på generna för de proteiner som bygger upp stärkelse, har man nu tagit fram en potatis med tillräckligt mycket rak stärkelse för att kunna användas som råvara till plast. Men mineralolja är fortfarande så billig i jämförelse med potatis, att man inte

tror att denna potatis kommer att användas de närmaste åren.

Samtidigt har man också lyckats göra en potatis som tvärtom bara har grenad stärkelse. Den kan komma att användas betydligt snabbare. Grenad stärkelse används nämligen för att glätta och stärka papper, och med denna nya potatis kan man få ett starkare papper för samma kostnad som tidigare. Eller ett billigare papper av samma kvalitet.

Även olika oljor och fetter, som industrin behöver, skulle kunna tillverkas av genmodifierade växter. Redan idag tillverkas linolja och biologiskt nedbrytbara smörjoljor från vissa växter. Med genteknik skulle oljorna kunna förbättras ytterligare. Forskarna har skapat flera genmodifierade växter, som kan tillverka sådana förbättrade biologiska oljor, även om ingen av dem ännu kommit till det stadium där de utnyttjas kommersiellt i stor skala.

Också de svenska pappersbruken kan komma att märka av den gentekniska revolutionen. I Uppsala håller nämligen forskarna på att försöka utveckla granar med minskad mängd klisterämne (lignin) i stammen. Därmed skulle det gå åt färre kemikalier och mindre energi när man gör pappersmassa av virket i framtiden. Men eftersom det tar bortåt hundra år för en gran att växa upp, kommer det att dröja ett bra tag innan sådana granar hamnar i pappersbruken.







## Vem äger generna?

Växtförädlings- och genteknikföretag har under de senaste årtiondena börjat leta efter intressanta gener i olika vilda växter. I traditionella medicinalväxter kan man hitta gener som kan vara användbara för läkemedelsindustrin. I andra växter kan det finnas gener som gör att växten kan bilda speciella oljor, vitaminer eller sällsynta kemikalier. Eller gener som gör växterna resistenta mot insekter, virus eller bakterier.

Detta reser frågan om vem de vilda växterna tillhör och vem som har rätt till ekonomisk vinning från de gener som forskarna hittar. Företagen anser naturligtvis att om de lägger ner tid och pengar på att leta reda på sådana växter och gener ska de ha patenträttigheterna. Och så fungerar situationen idag.

Många människor upplever det dock som djupt orättvist att ett företag idag kan komma till ett land i tredje världen, fråga ut befolkningen om vilka växter de använder för olika syften, ta med sig några plantor och frön därifrån och sedan få patent på att använda de gener de hittar i växterna. Vilket gör att människorna som tipsade företaget, och vars förfäder upptäckte växterna, sedan måste betala dyrt för de läkemedel, utsäden eller andra produkter som utvecklas från "deras" växt.

Många debattörer föreslår därför att det land där man hittar en växt ska få de ekonomiska rättigheterna till de gener man sedan upptäcker i växterna. Vill ett företag utnyttja dessa gener måste de betala för det. Denna hållning kritiserar dock av dem som menar att man över huvud taget inte ska ha rätt att ta patent på att använda gener.

## Grishjärta för transplantation

På Skottlands kullar vandrar sedan nästan tio år tillbaka genmodifierade får, som tillverkar medicin för blödar-sjuka direkt i sin mjölk. Närmare bestämt ett protein som heter Faktor VIII. Det behövs för att blodet ska koagulera och saknas hos vissa blödarsjuka.

Hur betedde sig forskarna för att få djuren att bilda detta protein i sin mjölk? Jo, de utnyttjade de system djuren själva har för att se till att vissa proteiner bara hamnar i mjölken. Ett sådant protein är kasein. Forskarna tog

en liten reglerande signal, som sitter på DNA-molekylen framför genen för kasein, och som bestämmer när och var detta protein ska tillverkas. De satte in denna signal vid genen för Faktor VIII och förde in den nya genkonstruktionen i ett får. Fåret började då bilda mänsklig Faktor VIII i mjölken, men ingen annanstans. Försöket hade lyckats.

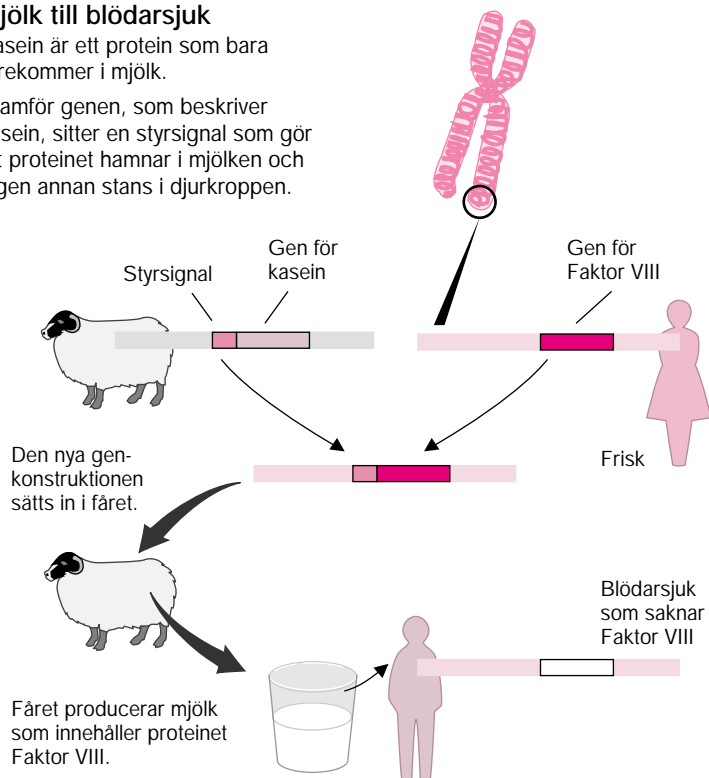
### **Grisorgan i människor**

Samma företag som skapade dessa får har idag även grisar i sina djurstallar.

### Mjök till blödarsjuk

Kasein är ett protein som bara förekommer i mjök.

Framför genen, som beskriver kasein, sitter en styrsignal som gör att proteinet hamnar i mjölken och ingen annan stans i djurkroppen.



Grisarna har fått sina gener så förändrade, att deras hjärtan skulle kunna transplanteras till människor.

Ett stort problem i dagens sjukvård är nämligen brist på organ åt dem som behöver en transplantation. Grisens anatomi påminner mycket om människans, och ett hjärta från en gris har ungefär samma storlek som ett människohjärta. Man har därför länge lekt med tanken att ta hjärtan från grisar och ge till människor. Sådana transplantationer mel-

lan olika arter kallas för xeno-transplantation. Problemet är dock att om man skulle göra detta skulle människans immunförsvar omedelbart betrakta gris-hjärtat som något främmande, angripa det och förstöra det.

Därför skapas på olika håll stammar av genmodifierade grisar, där man slagit ut genen för ett ämne på griscellernas yta, som retar människans immunförsvar väldigt mycket. Hjärtan från dessa grisar skulle därför kunna transplantere-

ras till människor med betydligt minskad risk för att immunförsvaret förstör hjärtat.

Det pågår i skrivande stund en allvarlig diskussion kring tänkbara risker med detta. Många forskare fruktar nämligen att det skulle kunna finnas en slags vilande virus liggande i grisceller-  
nas arvsanlag, som kanske skulle vakna om de kom in i en människa och orsaka epidemier av för oss helt nya sjukdomar. Även om de flesta tror att sannolikheten för detta är liten vill man vänta med att göra sådana transplantationer i stor skala tills saken är bättre undersökt.

### **Genmodifierade djur i forskning**

Får och grisar är inte de enda djur som människan stoppat in nya gener i. I burar på ett stort antal forskningslaboratorier runt om i världen springer små vita genmodifierade möss. De spelar en viktig roll i forskningen kring hur människokroppen fungerar och vad som går snett

vid olika sjukdomar. Det finns också råttor, hamstrar, grisar, kor och apor med nya gener. Och bortom däggdjurens krets finns genmodifierade kycklingar, fiskar, bananflugor och sjösniglar. De flesta genmodifierade djuren av dessa har tagits fram av forskare för att ge svar på olika biologiska eller medicinska frågor.

### **Kött och fisk med nya gener?**

Idag används inga genmodifierade djur för att framställa mat som säljs i affärerna. Men det anses bara vara en tidsfråga innan det börjar säljas fiskar med nya gener som gör att de växer snabbare. På forskningsstationer finns också genmodifierade grisar som har mer kött och mindre fett än vanliga grisar. I USA har man utvecklat en gris, med minskad mängd fosfater i avföringen. Uppfödning av dessa grisar skulle därmed inte bidra lika mycket till övergödningen som uppfödning av vanliga grisar.

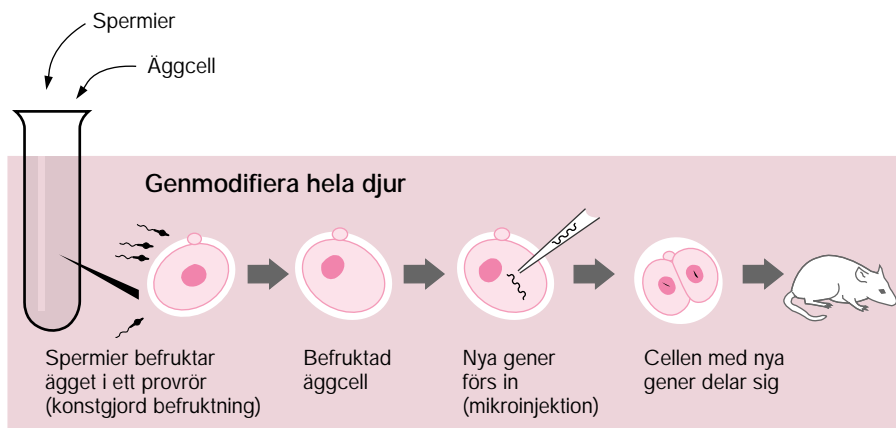


## Att föra in nya gener i djur

Hur för man in nya gener i får, grisar och andra däggdjur? Hur betar man sig för att de nya generna ska hamna i alla djurets celler och dessutom föras vidare till avkomman? Enda sättet att åstadkomma detta är att föra in generna i ett nybefruktat ägg, som sedan får utvecklas till ett vuxet djur.

För att göra ett genmodifierat djur måste man därför börja med att göra en provrörsbefruktning. Därefter tar man ett mycket tunt glasrör, sticker in det i äggcellen och sprutar in DNA i det befruktade ägget. Detta kallas mikroinjektion. Fastän man använder det tunnaste glasrör som går att åstadkomma, är detta en mycket omild behandling av det nybefruktade ägget. Ändå överlever de flesta ägg. De planteras in i honor som behandlats med hormoner, som får deras kroppar att tro att de är gravida.

Bland de ungar som föds ser man sedan att genmodifieringen lyckats ungefär i ett fall av fyra. Man gör därför redan från början flera genmodifierade befruktade ägg, som planteras in i olika fostermammor. Då kan man vara säker på att åtminstone någon unge får de önskade nya eller ändrade generna.







## ● Vem har gett oss rätten?

Under de senaste årtiondena har människan dramatiskt stärkt sin makt över naturen. Vi kan numera mycket snabbt och med stor precision ändra arvsanlagen hos de flesta andra organismer. Detta öppnar fantastiska möjligheter för människan men reser också frågor om vår relation till resten av naturen.

Förut drevs utvecklingen av livet framåt genom slumpmässiga mutationer och naturligt urval. Evolutionen låg i stort sett bortom människans kontroll. Idag kan människan medvetet föra in nya gener i olika livsformer och påverka evolutionen. Vi kan därmed ta över uppgifter som många tidigare menat varit förbehållna gudomliga makter. Många ställer sig därför frågorna: Har vi rätt att göra detta? Och vem har i så fall gett oss den rätten?

Å ena sidan anser många människor att genmodifiering strider mot någon högre rätt. Att vi inte ska gå in och manipulera med Guds skapelse. Eller med den naturliga ordningen. Kanske naturen eller några högre makter kommer att slå tillbaka mot oss och straffa oss för vårt övermod? De gamla grekerna myntade begreppet hybris för brottet att tro sig vara i gudarnas ställe. De antika gudasagornas straff för dessa brott var fruktansvärda. Kanske gör vi oss skyldiga till något liknande, när vi medvetet förändrar andra arter?

Å andra sidan kan man hävda att vi människor i alla tider utnyttjat naturen runt omkring oss för våra egna syften. Vi har alltid dödat djur och skördat växter för att få mat. Vi har ändrat deras gener genom klassisk avel och växtförädling. Varken den majs vi odlar eller de kor vi mjölkar har kvar annat än avlägsna likheter med någon naturlig släkting. Den så kallade "monstertjuren" Belgian Blue, som har så mycket muskler (det vill säga biffkött) att den knappt orkar stå, är inte genmodifierad utan framtagen med samma slags klassiska avel som använts i årtusenden.

Många forskare menar därför att den viktiga etiska frågan vi måste ställa oss är vilka förändringar vi ska acceptera och med vilka syften, inte hur vi åstadkommer dem. Det skulle till exempel kunna vara oetiskt att ta fram husdjur som lever ett plågsamt liv, bara för att vi människor ska få lite mer kött, oavsett om det skedde med genteknik

eller klassisk avel. En ny gröda, som klarar torra och salt jord, skulle däremot kunna vara lika önskvärd för att ge mat åt svältande, oavsett om den tagits fram genom klassisk växtförädling eller med genteknik.

Teknikens vänner kan också peka på att vi människor faktiskt inte är ensamma om att modifiera gener. I naturen finns (som vi ser på sid 30) en mycket vanlig jordbakterie, som i årmiljoner ägnat sig åt att förändra gener hos växter, för att tvinga växterna att tillverka näringsämnen åt bakterierna. Man frågar sig då om det verkligen kan vara onaturligt och fel av oss människor att göra något som andra livsformer i naturen också gör.

På detta kan man svara att det visst kan vara fel. Bakterier har inget medvetande och inget samvete. De kan inte välja. Vi människor har däremot ett medvetande, en fri vilja och ett val. Vi är ansvariga för våra handlingar och måste därför fatta ett eget moraliskt beslut om vad vi vill göra.

