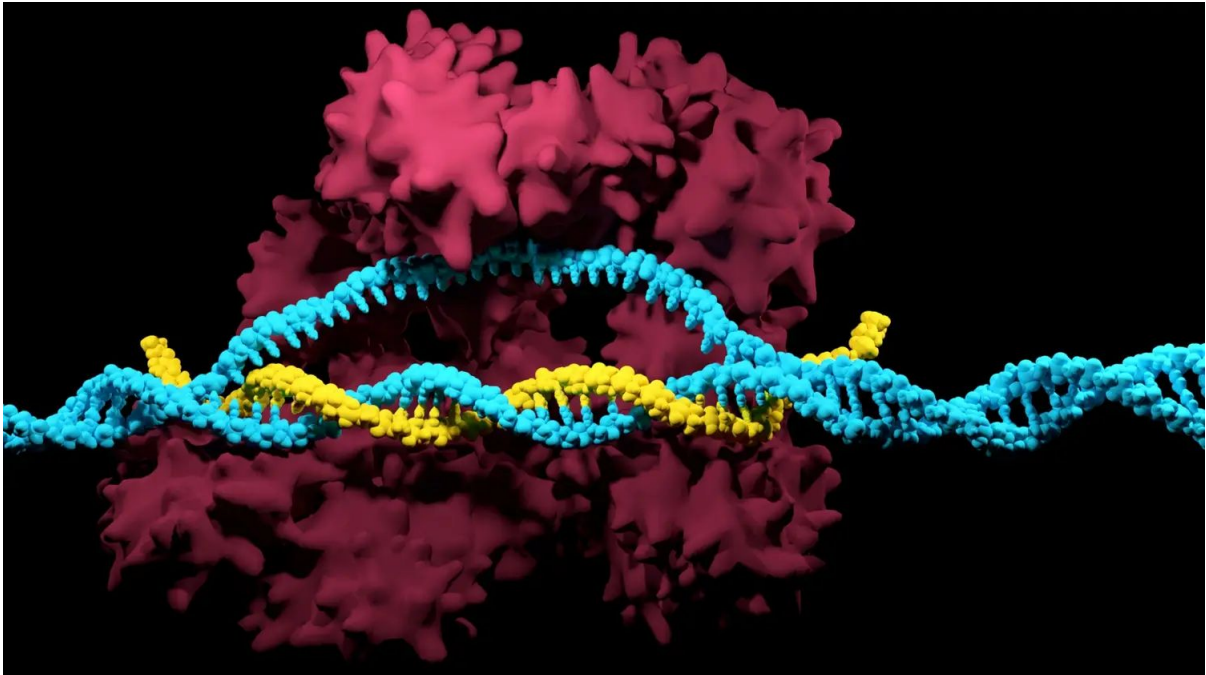


Hvad er CRISPR-Cas9 og er det etisk forsvarligt?



Gruppe nr. S2024791771

Basisprojekt 2

Forår 2020

Gruppemedlemmer:

Mikkel Hoelgaard Knoll - 68875

Andrea Lund Gillesberg - 68958

Magnus Stenaa Jensen - 68988

Mathias Schneider - 69408

Roskilde Universitet

3. juni 2020

Indholdsfortegnelse

Abstract	3
Indledning	3
1.0 Problemfelt	5
2.0 Problemformulering	6
2.1 Semesterbinding	6
3.0 Metode & Teori	7
3.1 TRIN modellen	7
1. Teknologiers indre mekanismer og processer.	7
2. Teknologiske artefakter.	8
3. Teknologiers utilsigtede effekter.	8
4. Teknologiske systemer.	9
5. Modeller af teknologier.	9
6. Teknologier som innovation.	9
3.2 Argumentationsanalyse	10
3.2.2 Analyse af normative argumenter	12
3.2.3 Model til argumentationsanalyse	13
4.0 Empiri	13
4.1 DNA	13
4.2 CRISPR-Cas9	14
4.3 Tidslinje	15
4.4 CRISPR i menneskekroppen	16
4.5 Begrebsafklaring - Designerbaby	17
4.6 Lovgivning	18
5.0 Analyse - Teknologien	19

1. Teknologiers indre mekanismer og processer	19
3. Teknologiers utilsigtede effekter	22
6. Teknologier som innovation	23
6.0 Argumentationsanalyse	24
Intro til etik om CRISPR-Cas9	24
6.1 Argumenter for brugen af CRISPR-Cas9:	25
1 - Forældre har ret til at bestemme over deres egne børn, så længe det ikke skader andre.	25
2 - Vi skal søge fremskridt som mennesker, hvilket CRISPR-Cas9 kan hjælpe med.	29
3 - Hvis CRISPR-Cas9 kun var lovligt i nogle lande, ville det skabe genetiske uligheder i verden.	33
6.2 Argumenter imod brugen af CRISPR-Cas9	35
1 - Hvis alle får designerbabyer, mister designerbabyer deres værdi.	36
2 - CRISPR-Cas9 vil skabe ulighed.	38
3 - Vi bør lade naturen gå sin gang.	40
7.0 Konklusion	43
8.0 Perspektivering	45
9.0 Litteraturliste	47

Abstract

In this report, we will present and discuss the ethical and technical background behind the gene modification tool CRISPR-Cas9. This biological achievement can be described as a genetic “pair of scissors” that can modify DNA to fx. remove a disease gene. The ethical discussion in this report includes arguments from moral philosopher Jonathan Glover and molecular biologist James Watson. We will look at the pros and cons in this discussion, and through an argumentation, the analysis assesses the validity of these claims. Arguments for the use of genetic enhancements include Parent’s right to decide for their child, competition and equality on a global scale, and human evolution. Arguments against include Genetic diversity declining, inequality between humans, and the natural fallacy.

We have concluded that this is not a matter of right and wrong, but rather that what is necessary is a systematisation of use on somatic cells, as this won’t directly impact later generation. Gene modification on germ cells and embryos is, based on our evaluation, not ethically sustainable. To make this project even further we will also discuss how CRISPR technology can be used in our current pandemic stricken world as a tool in Covid-19 testing.

Indledning

Vi mennesker i en konstant teknologisk udvikling, der former hvordan vi som individer og samfund ser på omverdenen. Nogle af disse teknologier ændrer vores synspunkter på hvad vi førhen tænkte der var ladsiggørligt, og baner samtidig vejen for nye muligheder og utilsigtede konsekvenser.

Et af de seneste skud på den teknologiske stamme, er den biomedicinske teknologi CRISPR-Cas9, som har været omdrejningspunktet for store etiske debatter, både i indland såvel som på internationalt plan.

CRISPR-Cas9 er et værktøj der med høj præcision, kan ændre i vores DNA-sekvenser og ved brug på embryoner, har potentiale til at ændre på den menneskelige arvmasse for fremtidige generationer.

Vi står derfor overfor en historisk skillevej, hvor de valg vi tager i henhold til implementeringen af CRISPR-Cas9 i dag, kan have en massiv indflydelse på det globale samfund vi vil se i fremtiden. På den ene side står vi til at kunne fremme vores livskvalitet, med potentiale for at skævvride vores samfund mod større ulighed, ved at blande sig i naturens gang, imens vi på den anden side står til at halte teknologisk udvikling til fordel for at kunne sidde trygt på den etiske piedestal.

Dette emne er dog naturligvis ikke så sort og hvidt, som det bliver skitseret ovenfor, og det er derfor vi som projektgruppe har valgt at dykke dybere ned i emnet og teknologien for at prøve at finde nuancerne i denne komplekse sag. Det har i dette projekt været interessant for os at finde ud af præcis hvordan CRISPR-Cas9 teknologien fungerer, samt at gennemgå og opveje de etiske argumenter for og imod brugen og implementeringen af CRISPR-Cas9 i samfundet.

Der vil i dette projekt blive inddraget teori fra vores forankrings dimensioner i Teknologiske systemer og Artefakter samt Subjektivitet, Teknologi og Samfund.

Vi vil gøre brug af TRIN-modellen til at analysere CRISPR-Cas9, ved at kigge på teknologiens indre mekanismer, de utilsigtede effekter af teknologien og til sidst se på hvordan denne teknologi har innoveret markedet. Endvidere vil vi opstille en argumentationsanalyse til at gennemgå de etiske argumenter, for dermed at opnå en bredere forståelse, for de etiske synspunkter vedrørende CRISPR-Cas9.

Til sidst i projektet vil vi ud fra vores analyser, konkludere på om det er etisk forsvarligt at implementere brugen af CRISPR-Cas9 i det moderne samfund, samt perspektivere brugen af CRISPR teknologien, til den verdensomspændende pandemi, som vi ser i dag med SARS-CoV-19.

1.0 Problemfelt

I december 1987 blev der udgivet et studie, af en ny mekanisme i bakterier, et studie der skulle gå hen ændre verden (Ishino, Y, et.al. 1987). På Osaka universitet i Japan havde man identificeret CRISPR sekvenser på DNA, der senere ville gå hen og revolutionere genmodificering som vi kender det i dag. Dengang vidste man ikke hvad denne opdagelse kunne bruges til, men det viste sig, godt 18 år senere, at det ville være muligt at bruge denne viden om CRISPR, og et dertil hørende protein Cas9, som en genetisk "saks" med tilsyneladende uendelige muligheder (Ruud, J. 2002).

Ved denne revolutionerende opdagelse, dukkede der mange spørgsmål op.

Ville det blive muligt at udrydde dødelige sygdomme? Kunne det være at "det perfekte menneske" ville blive opnået her? Opdagelsen ville blive centrum i mange diskussioner om hvorvidt genmodificering af mennesker, er et sikkert værktøj at have adgang til, om det er etisk forsvarligt, og om det egentligt er bedre at ulovliggøre denne praksis.

Mens denne diskussion fandt sted over mange årtier, var der i mellemtiden en kinesisk genforsker der i 2018 tog chancen med teknologien, og modificerede fertiliserede humane æg, der ville blive til to tvillingepiger. Dette fik verden til at gå i oprør, og putte endnu strammere restriktioner på genetiske værktøjer, da alle foregående forsøg var udført i laboratorier, enten på senere terminerede menneskelige æg, planter eller dyr, og altså ikke ført videre ud i verden.

Denne lovende teknologi, vil i teorien kunne bruges til at optimere mennesket, både med fysiske ændringer såsom f.eks. fjernelser af sygdomsgener eller højere IQ, men også med normalegenskaber, som f.eks. hårfarve eller øjenfarve (Journal of law and the biosciences. 2019).

CRISPR-Cas9 er altså en teknologi der har potentiale, til både at gøre skade og gavn, og derfor er der mange der er interesserede i den. Den kan i teorien gøre en ende på mange dødelige sygdomme, og ville dermed øge livskvaliteten for mange, men i de forkerte hænder - og under forkerte forhold - kan teknologien skabe ulighed og lede til en udryddelse af kropsautonomi, for fremtidige mennesker. Retten til at bestemme over egen krop, er i fare hvis genterapi der ikke er vurderet ordentligt, forhastet bliver gjort

tilgængelig, idet ændringer på embryoner og kimmceller vil have indflydelse på barnets stamtræ for evigt. Det er vigtigt at diskutere de etiske overvejelser og argumenter for og imod denne teknologi før den godkendes, eller afvises til videre brug i mennesker. Ellers risikerer vi at drastiske, uinformerede beslutninger vil have længerevarende konsekvenser for samfundet.

2.0 Problemformulering

Denne opgaves fokus er at se på CRISPR-Cas9 teknologien, som en etisk problemstilling, og at gennemgå hvilke argumenter, der er for og imod en potentiel udbredelse af genterapi, hos mennesker vha. denne. Målet er at lave en kritisk analyse af argumenter, for og imod at ændre gener i embryoner, ved brug af CRISPR-Cas9. Problemstillingen vi arbejder ud fra er følgende:

Hvordan fungerer CRISPR-Cas9, og er brugen af genmodificeringsteknologien etisk forsvarlig at bruge på kønsceller? En kritisk diskussion af centrale argumenter, for og imod brugen af CRISPR-Cas9.

2.1 Semesterbinding

Semesterbindingen på dette projekt er "Teknologiske systemer og artefakter" (TSA). For at opfylde denne dimension, vil vi benytte TRIN-modellen, til at analysere teknologien i dybden og til bedre at kunne formidle viden om denne teknologi til læseren.

Denne rapport vil indholde en dybdegående analyse, af CRISPR-Cas9s effekter og konsekvenser, men også beskrive dens indre mekanismer, og dermed hvordan den fungerer.

Den selvvalgte dimension er i dette projekt "Subjektivitet, teknologi og samfund" (STS). Denne dimension stræber vi efter at opfylde ved at gå i dybden, ikke bare med etiske argumenter, men med en argumentationsanalyse af alle disse argumenter.

Vi inddrager samfundsfaglig og bioetisk litteratur, til at beskrive sammenhængen mellem teknologien, mennesket og samfundet og vi vil diskutere hvad der ville ske - og

hvad der potentielt skulle tages ekstra forbehold for - hvis denne teknologi bliver alment brugt.

3.0 Metode & Teori

Vi vil i følgende kapitel gennemgå de to teorier, som vi videre hen i projektet bruger til at understøtte vores pointer. Den første model vi gennemgår er TRIN-modellen fra vores dimensionsforankring TSA, hvor vi gennemgår de 6 trin som modellen er bygget op omkring. I selve analysen har vi dog valgt kun at benytte os af 3 af disse trin, da de var de mest relevante for projektet. Efterfølgende beskriver vi hvordan man benytter sig af en argumentationsanalyse, som vi senere i projektet bruger til at analysere de etiske for- og modargumenter for brugen af CRISPR-Cas9.

3.1 TRIN modellen

Følgende definitioner bliver beskrevet med baggrund i teksten Jørgensen, N. (2018).

TRIN modellen (**T**eknologi og **R**adikalt og **I**nkrementelt design i **N**etværk) er en nyudviklet model, der bruges til at analysere teknologier, med fokus på det teknisk-videnskabelige aspekt. Modellen lægger op til at der besvares, op til 6 spørgsmål om teknologien, og dens omgivelser. Disse besvarelser vil til sidst give et omfattende billede, af hvordan teknologien vil have indflydelse på samfundet, og hvilke tanker der ligger bag udviklingen. Det vigtige at bemærke ved denne model, er at den ikke fokuserer udelukkende på objekter, men på begrebet teknologi, der kan omfatte både systemer og artefakter.

1. Teknologiers indre mekanismer og processer.

Første punkt i trinmodellen bliver beskrevet på følgende måde:

“De centrale mekanismer og processer i en teknologi, som bidrager til at opfylde teknologiens formål” - Jørgensen, N (2018).

Vi vil beskrive hvordan CRISPR-Cas9 teknologien fungerer rent biologisk, og se på hvordan den specifikt kan bruges til genmodificering, både i kønsceller og embryoner, men også i cellerne på allerede fødte børn og voksne mennesker.

2. Teknologiske artefakter.

Andet punkt:

“Artefakter er menneskeskabte genstande og adskiller sig som sådan fra genstande frembragt gennem processer i naturen. Et teknologisk artefakt er et artefakt, som har en teknologisk funktion.” - Jørgensen, N (2018).

I dette punkt kan der ses på de mere konkrete artefakter, der skal bruges for at teknologien fungerer som planlagt. F.eks. hvilke redskaber der skal bruges for at udføre genmodificering med CRISPR-Cas9 teknologien, og hvilke artefakter der bruges for at kontrollere succesraten af forsøg med teknologien. Da dette ikke har nogen tydelig relevans over for vores etiske debat omkring CRISPR-Cas9, vælger vi ikke at medtage dette punkt i den endelige analyse. Vi erkender her at denne fravælgelse, udelukker at se på processer i laboratorier, der kunne have etisk uforsvarlige fremgangsmåder.

3. Teknologiers utilsigtede effekter.

Tredje punkt:

“De utilsigtede effekter er effekter, som vurderes at være negative.” - Jørgensen, N (2018).

Det er her vi begynder at se på hvilke negative konsekvenser, det kan have at benytte CRISPR-Cas9 teknologien. Vi vil bl.a. se på om der er negative konsekvenser ved at indsætte modificerede celler i menneskekroppen, eller i kønscellerne før fødsel. Vi skelner her mellem arvelige ændringer, og genetiske behandlinger der kun påvirker den behandlede. Her ser vi også kort på de etiske konsekvenser, der er omkring teknologien og den indførelse i samfundet, men dette vil blive uddybet i den etiske argumentationsanalyse.

4. Teknologiske systemer.

Fjerde punkt: *“Teknologiske systemer er sammenhængende systemer af teknologiske artefakter, som samlet besidder en bestemt funktionalitet, der muliggør omformning af natur med henblik på opfyldelse af menneskelige behov.”* - Jørgensen, N (2018).

Her kunne vi se på CRISPR-Cas9 teknologien som værende et led i et system. Det kan være et system som f.eks. cellen der bliver ændret, kroppen som helhed eller hvordan teknologien passer ind i samfundet som det ser ud nu. Fokus er altså på teknologien i kontekst, og ikke hvordan den rent teknisk fungerer. Dette punkt vil vi ikke eksplicit inddrage i vores rapport, da mange af emnerne i dette punkt vil blive uddybet og diskuteret i dybden i vores argumentationsanalyse, af den etiske debat omkring genmodificering og CRISPR-Cas9 teknologien.

5. Modeller af teknologier.

Femte punkt:

“Modeller af teknologier kan være numeriske (abstrakte), visuelle eller fysiske. De er repræsentationer, hvor særlige udvalgte egenskaber ved en teknologi søges gengivet og/eller undersøgt.” - Jørgensen, N (2018).

Her kunne vi se på hvilke modeller der kan opstilles for CRISPR-Cas9 teknologien, men da vi ikke kan identificere en etisk relevans, så fravælger vi også dette punkt.

6. Teknologier som innovation.

Sjette punkt:

“Innovation er implementering af nye eller væsentligt forbedrede produkter, produktionsprocesser eller organisationsformer.” - Jørgensen, N (2018).

Der bliver i dette sjette og sidste punkt, mulighed for at se på hvilke barrierer og drivkræfter der er for udbredelsen af teknologien. Vi vil se på hvad der stopper den fra

at blive alment brugt i sundhedsindustrien, men også hvad der taler for at denne teknologi, rent praktisk, skal implementeres.

3.2 Argumentationsanalyse

Til at skabe vores argumentationsanalyse, benytter vi os af teori fra bogen: "Derfor - bogen om argumentation" (Collin, Sandøe & Stefansen, 1999) og af teori fra bogen: "Metode i normativ politisk teori".

Vi vil i argumentationsanalysen analysere forskellige etiske argumenter, for og imod brugen af CRISPR-Cas9. Vi vil gøre dette for at skabe et overblik over de forskellige argumenter og deres validitet. På den måde vil vi benytte de analyserede argumenter, til at bidrage til diskussionen, om hvorvidt brugen af CRISPR-Cas9 på embryoner er etisk forsvarligt. Til sidst vil vi ud fra analysen, komme med vores eget bud på om teknologien er etisk forsvarlig.

3.2.1 Analyse af argumenter

Et argument består af påstande der begrunder en konklusion.

Gennem analysen vil vi definere relevante påstandene, vi finder i udvalgte argumenter og derefter se om de holder skik. For at kunne genkende præmisser og konklusioner kigger vi efter "argumentmarkører"; ord der bruges til at markere et argument baseret på præmisser og konklusioner. Eksempler på disse er: *derfor, for, da og følgelig*.

Det er vigtigt at analysere argumenter, da kravene ikke bare er at der skal være præmisser og konklusioner, men at disse skal have sammenhæng og validitet.

Hvis præmisserne f.eks. ikke er sande, eller baseret på kontroversiel mening, mister konklusionen sin lødighed, da præmisserne ikke leder til en god grund til at konklusionen skulle være sand.

Vi benytter os af de relevante nedenstående 6 spørgsmål, som en skabelon til at analysere de enkelte argumenter, for bedre at kunne forstå og vurdere argumenternes budskaber og vigtige pointer, og inddrager de udvalgte besvarelser i rapporten:

1. Hvad er budskabet i teksten eller det sagte?

Ved første punkt er målet at skabe en forståelse, for hvad det egentlige budskab er med teksten der bliver analyseret. Denne forståelse skabes, ved at vurdere hvad den argumenterende egentlig siger, ved hjælp af en eventuel omskrivning af argumentet, for at gøre pointerne og budskabet mere tydeligt.

2. Er der en overordnet tankegang?

I dette punkt sættes der spørgsmål ved om et givent udsnit/citat fra en tekst, overhovedet er tiltænkt som et argument, og om der er sammenhæng i budbringerens tankegang, eller om tankerne går i mange retninger.

3. Hvad er konklusionen og præmisserne?

Ved tredje punkt rettes fokus på selve argumentet. Hvilke påstande argumenteres der for og imod? Hvad ønsker argumentet at overbevise modtageren om, og hvilke påstande bliver brugt til at overbevise?

4. Er der underforståede præmisser?

I punkt fire vurderes der om der bliver gjort brug af et uklart, eller ufærdigt sprog, der evt. indeholder underforståede påstande og konklusioner i præmissen.

5. Er argumentet logisk gyldigt?

Målet ved punkt fem er at vurdere om argumentet er logisk gyldigt, eller tvingende. For at et argument er logisk gyldigt, skal der være en sammenhæng mellem præmis(erne) og konklusion. Det vil sige at hvis præmissen vurderes som værende acceptabel, må vi også acceptere konklusionen. Hvis dette ikke er tilfældet er der tale om selvmodsigelse.

6. Er præmisserne sande?

Ved det sjette punkt handler det om at inddrage sin egen viden, og evt. indsamling af ekspertviden, for at kunne vurdere om præmisserne overhovedet er sande.

(Collin, Sandøe & Stefansen, 1999)

3.2.2 Analyse af normative argumenter

Da vi beskæftiger os med etik er det vigtigt at vide hvordan man analyserer normative synspunkter og argumenter. Derfor bruger vi til dette teori fra bogen: "Metode i normativ politisk teori" (Hansen, R. 2016). Her beskriver Thomas Søbirk Petersen fire krav til en normativ politisk holdning eller etisk synspunkt:

Begrundelseskravet

I begrundelseskravet beskriver Petersen at man skal begrunde hvorfor man har et bestemt normativt etisk synspunkt. Petersen giver et eksempel på Lars Løkke Rasmussen som i et interview siger at søskendesex bør forblive strafbart, fordi at det er unaturligt og forkert. Her bliver begrundelseskravet ikke opfyldt, da Lars Løkke Rasmussen ikke giver en forklaring på, hvorfor han mener at søskenesex bør forblive strafbart, udover at sige at det er unaturligt og forkert. For hvad vil det sige, at noget er unaturligt og forkert?

Begrebsafklaring

Til begrundelsen af en etisk holdning er det vigtigt, at de begreber der anvendes er brugt korrekt og er tydeligt defineret. Dette bør gøres for at "kunne etablere en seriøs og frugtbar dialog". Hvis ikke der er en entydig forståelse for hvad et begreb indebærer, kan folk med forskellige definitioner af et begreb snakke forbi hinanden.

Empirisk saglighed

Forholdene omkring en normativ etisk holdning bør være bygget på faktuelle data. Dette krav kan sammenlignes med punkt 6 fra "Derfor - bogen om argumentation".

Konsistens

I dette krav skriver Petersen at der skal være konsistens mellem begrundelser af normative etiske holdninger. Hvis man f.eks. har en normativ etisk holdning om at man ikke bør slå dyr ihjel for bruge deres pels som tøj, med begrundelsen "at slå dyr ihjel er

forkert”, bør man ikke have en anden normativ etisk holdning om at det er okay at slå dyr ihjel for at spise dem. I begge tilfælde slår man dyr ihjel.

3.2.3 Model til argumentationsanalyse

Vi vil på baggrund af førnævnte teorier analysere og diskutere for- og modargumenter med en model der lyder:

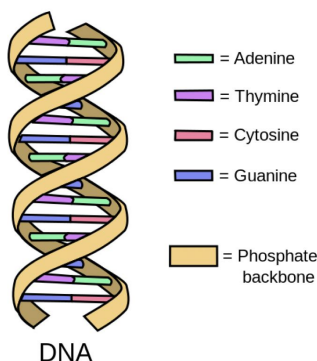
Præsentation af argument f.eks. i form af et citat - Rekonstruktion af argument -

Uddybning af præmisser - Vurdering af argument - Kritik af præmisser.

4.0 Empiri

For at kunne analysere teknologien og derefter opstille en faglig diskussion er det nødvendigt med en smule baggrundsviden. Her vil vi først definere nogle vigtige begreber og derefter give en kort, gennemgang af DNA, RNA og CRISPR-Cas9 der er nødvendig for at kunne forstå en analyse af teknologien. Vi vil også opstille en tidslinje over CRISPR-Cas9s udvikling fra den først blev opdaget, til nu, og se på nutidige eksempler af teknologien i brug.

4.1 DNA



Figur 1: Her ses DNA i formen af en dobbelthelix. De gule sider viser fosfat og sukker "rygraden", mens den farvede midte viser de forskellige basepar og dermed arvemassen
Kilde: Wikipedia, 2019

Deoxyribonukleinsyre, DNA, er det molekyle der koder for arvematerialet i levende organismer. DNA findes i cellekernen på alle menneskets celler, og har form som en dobbelthelix. "Rygraden" af denne struktur består af sukkeret deoxyribose bundet til fosfatgrupper og baser, mens selve arvematerialet ligger mellem rygraden i form af nukleotider. Se figur 1 for visuel præsentation. Disse nukleotider, altså de fire baser i midten, bindes altid til hinanden i parrene adenin-thymin (A-T) og cytosin-guanin (C-G). Disse omtales som basepar.

Rækkefølgen af disse par udgør en DNA-sekvens som kroppen kan aflæse og afkode.

DNA har en polaritet, det vil sige at der er en positiv og en negativ ende, pga. fosfat- og sukkermolekylerne, der er navngivet 5'- og 3'-enden. DNA-strengene i denne

dobbelthelix ligger antiparallelle, så 5'...3' er parret med 3'...5' [udtales: 5 mærke enden mod 3 mærke enden og vice versa]. Denne polaritet er relevant da den hjælper med at holde styr på hvilken vej DNA'et vender og fordi CRISPR-Cas9 vil lede efter en specifik sekvens den kan kende ud fra polariteten (Nielsen, H. Kjems, J. 2017).

Når DNA skal replikeres - dette sker bl.a. lige inden celledeling - vil DNA-strengen blive skilt ad, og cellen vil ved hjælp af enzymer kunne sætte de rigtige basepar overfor hinanden. Når DNA afkodes af kroppen, bliver det oversat (transskriberet) til RNA ved hjælp af enzymet RNA-polymerase. Denne RNA vil i nogen tilfælde gå direkte til at hjælpe cellens funktion, mens andre RNA-grupper, f.eks. messenger RNA (mRNA), bliver brugt til kroppens bredere funktion. mRNA kan bevæge sig ud af cellekernen til cellens cytoplasma og blive transskriberet til aminosyrer og dermed proteiner. Det er baseparrene der bestemmer hvad der bliver kodet for, da alle naturligt forekommende aminosyrer i kroppen kan oversættes til et codon, hvilket er tre nukleotider sammensat. Et eksempel er, at sekvensen GGG, altså guanin gentaget tre gange, koder for aminosyren glycin, og, at TGA (thymin-guanin-adenin) er et termineringscodon der vil få proteinsyntesen til at stoppe (Nielsen, H. Kjems, J. 2017). Denne RNA-transskribering udnytter CRISPR-Cas9 til at genkende DNA-sekvenser og derefter "klippe" dem ud af et stykke DNA.

Det er kun ca 5% af menneskets DNA der menes at kode for noget, mens vi ikke endnu kender funktionen af 90% af vores DNA (Nielsen, H. Kjems, J. 2017).

4.2 CRISPR-Cas9

CRISPR-Cas9 teknologien er i folkemunde omtalt som en genetisk saks. Det er et værktøj der kan programmeres til at finde specifikke steder på vores DNA, klippe det over og derefter ændre på vores gener ved bl.a., at indsætte nye sekvenser. Dette leder f.eks. til ændringer i sygdomsmodtagelighed eller sågar øjenfarve. Det er blevet meget simplere og billigere at bruge genetiske værktøjer som disse, da det menneskelige genom er blevet kortlagt så præcist at vi hurtigt kan finde en specifik sekvens ved en enkelt søgning i et program (Videnskab.dk. 2015).

Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats (CRISPR) og **CRISPR associerede (Cas)** proteiner er en naturlig del af prokaryoters (f.eks. bakteriers) immunforsvar. Her bliver systemet brugt til at genkende og klippe i fremmed genetisk arvemasse fra f.eks. vira der invaderer. Det er Cas9 enzymet der kan genkende sekvenser på arvemassen ved hjælp af RNA og de dertil matchende basepar. Den mest anvendte type af Cas9 kommer fra bakterien *Streptococcus Pyogenes*, og det er her muligt at omkode RNA sekvensen til at finde specifikke steder på et stykke DNA (Biotechacademy.dk, S.d., ¶ Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud).

4.3 Tidslinje

I december 1987 blev der første gang udgivet studier af CRISPR mekanismen af de japanske forskere Y. Ishino, H. Shinagawa, K. Makino, M. Amemura og A. Nakata på Osaka university (Ishino Y. 1987). Det var først i januar 2002 at CRISPR-Cas9 som samlet term ville blive brugt (Ruud, J. 2002). Opdagelsen af dens sygdomsbekæmpende egenskaber blev for alvor udforsket mellem 2005 og 2007 hvor det blev opdaget at mekanismen blev brugt til at bekæmpe invaderende vira i bakterier, mens det i 2008 blev klart at det var RNA der var hovedfokus her (Stan, J. 2008). I april 2012 blev CRISPR-Cas9 teknologien for første gang brugt i kommerciel sammenhæng af firmaet DuPont der nu solgte pizza ost der var modificeret med denne teknologi (der er i øvrigt mange andre CRISPR-redigerede fødevarer på markedet i dag) (The Scientist, 2014). Det var i 2013 at CRISPR-Cas9 for første gang blev brugt til at modificere det menneskelige genom (F. Ann Ran 2013), men i 2015 blev der for alvor overvejet dette, da det blev foreslået at ændrede stamceller kunne få succesraten ved organtransplantationer til at stige dramatisk. Det blev her også foreslået at griseorganer havde potentiale for at blive kompatible med menneskekroppen v.h.j. CRISPR-Cas9 teknologien (Wanyou, F. 2015). I mellemtiden blev CRISPR-Cas9 brugt mest på planter og svampe, især gær (Karthik, S. 2019).

Udviklingen blev bremset fra 2015, da forskere verden over blev enige om at det er nødvendigt med en samlet etisk holdning til denne nye teknologi før brugen på mennesker kan starte. Det blev besluttet at det er etisk forsvarligt at bruge CRISPR-Cas9 i celler der ikke vil blive ført ind i kroppen, men derimod termineret efter

undersøgelse. Fokus blev flyttet til brugen af genmodificering af dyr, da der i slut 2015 blev modificeret de første myg der ikke var kompatible med malaria parasitten og derfor ikke kunne overføre den til mennesker. I samme tidsrum blev en mus med en muskelsygdom succesfuldt behandlet for denne, og dens symptomer formindsket (Committee on science, technology, and law policy and global affairs, 2015).

31. august 2018 blev det første kliniske forsøg med CRISPR-Cas9 godkendt i USA (clinicaltrials.gov 2018), men blot 3 måneder senere - 24. november - offentliggjorde den kinesiske forsker He Jiankui at der var blevet født to tvillingepiger hvis celler var blevet modificeret til at være resistente over for HIV. He Jiankui blev i december 2019 straffet for denne uautoriserede brug af CRISPR-Cas9 (Journal of law and the biosciences. 2019). Derimod blev der i marts 2020 for første gang, lovligt, brugt CRISPR-Cas9 redigerede celler i et menneske (Oregon Health & Science University. 2020).

I dag har vi en bred forståelse for hvordan CRISPR-Cas9 virker, men det stopper os ikke fra fortsat at forske i emnet. Vi leder altid efter måder at optimere genetiske værktøjer og forsøger at finde nye måder at anvende dem på til at gavne mennesket. Der er i dag utallige forsøg og studier i gang der har til formål at finde måder at bruge CRISPR-Cas9 til at helbrede og behandle (Weintraub K. 2019).

4.4 CRISPR i menneskekroppen

CRISPR-Cas9 er blevet brugt verden over til at ændre på celler, men indtil for nyligt er disse forsøg udelukkende foregået in vitro, altså i laboratorier. Denne grænse er blevet overskredet på Oregon Science & Health University i USA, hvor det første godkendte forsøg med in vivo genmodificering, altså genmodificering i menneskekroppen, har fundet sted i marts 2020. Forsøget er en del af et studie sponsoreret af de farmaceutiske firmaer Allergan plc og Editas Medicine. Det er første gang CRISPR-Cas9 teknologien bliver brugt inde i menneskekroppen, og ikke på materiale der først er fjernet fra kroppen. Indgrebet der bliver udført skal reparere mutationer i CEP290 genet der koder for en sjælden, arvelig blindhed (Leber congenital amaurosis type 10). Ændringen i genet vil i dette tilfælde være permanent, men vil ikke kunne gives videre

til kommende generationer da ændringen er udført på somatiske celler (kropsceller) og ikke kimceller (kønsceller) (Oregon Health & Science University. 2020).

4.5 Begrebsafklaring - Designerbaby

Det første man tænker på når man hører ordet "designerbaby" er sikkert en utopisk fremtid. Her sidder forældre bag en stor holografisk skærm og tilvælger egenskaber og kropsdele til deres børn, som man ville gøre det i computerspillet Sims. Eller måske forestiller man sig et regime der bruger teknologien til at lave tusindvis af kloner til en militærmagt. Med denne forestilling kan det komme som en overraskelse for nogen, at vi i længere tid allerede har lavet designerbørn.

Hvis man slår ordet "designerbaby" op i ordbogen får man følgende udsagn: "*spædbarn hvis arveanlæg inden fødslen er blevet kunstigt manipuleret for at sikre tilstedeværelse eller fravær af bestemte gener og dermed egenskaber*" (Den Danske Ordbog, 2018).

Designerbabyer er altså resultatet af ændringer i genomet enten for at fjerne eventuelle sygdomme, eller for at fremme bestemte egenskaber.

Laura Hercher, der er forskerleder for menneskelig genetik på Sarah Lawrence College, skriver om et par fra USA hvoraf manden har den arvelige sygdom dystoni, en sygdom hvor personer der er ramt af dette oplever ufrivillige muskelspændinger/spasmer. Hvis dette par valgte at få et barn, ville barnet have 50% risiko for at arve genvarianten der giver dystoni og, hvis dette var tilfældet, ville det have 30% risiko for at udvikle sygdommen selv (Laura Hercher, 2018). Parret valgte derfor at gøre brug af kunstig befrugtning, der gav dem muligheden for at udvælge et embryo uden den genetiske fejl.

Selvom der i dette eksempel ikke er lavet et decideret indgreb i arveanlægget er det stadigvæk et spørgsmål om til- og fravalg, og Laura Hercher beskriver derfor dette som en form for design (Laura Hercher, 2018).

Selvom ordet "designerbaby" kan skabe negative associationer for nogle, dækker det altså over en vid række af indgreb, hvis primære fokus i dag er at sikre barnets fremtidige liv og velvære.

4.6 Lovgivning

CRISPR-Cas9 kan foretage ændringer i det genetiske materiale på alle levende organismer. Dermed har der også været behov for at lave individuel lovgivning der omfatter både brugen af CRISPR-Cas9 på planter, dyr og mennesker.

D. 25 Juli 2018 bekendtgjorde EU-domstolen at brugen af nye genmodificeringsværktøjer (GM 2.0), skal være underlagt den samme regulering som tidligere GMO-metoder. Dette blev fastlagt tilbage i henholdsvis 2001 og 2003 (Miljø- og fødevareudvalget, 2018). Dette betyder at fødevareproducenterne nu skal dokumentere hvordan de har behandlet deres fødevarer, samtidig med at forbrugeren skal gøres opmærksomme på brugen af genmodificering på indpakningen. Dermed er alle EU-lande underlagt disse restriktioner i henhold til produktion, eksport og salg af fødevarer.

Ved brug af CRISPR-Cas9 til forsøg på mennesker er det i Danmark tilladt at lave forsøg med genmodificering på æg, så længe de ikke sættes op i livmoderen, og i stedet bliver termineret. Forsøg af denne kaliber skal først godkendes af Den Nationale Videnskabsetiske Komité og Sundhedsstyrelsen.

Dette står beskrevet i dansk lovgivning om bekendtgørelse af lov om assisteret reproduktion i forbindelse med behandling, diagnostik og forskning m.v. hvor der står følgende i §27:

"Befrugtede menneskelige æg, der har været gjort til genstand for sundhedsvidenskabelig forskning, herunder almindelig kvalitetssikrende forskning ved ægopsætning, må kun opsættes i en kvindes livmoder, hvis det befrugtede æg er genetisk uændret (umodificeret) og den forudgående forskning efter en faglig vurdering i øvrigt ikke må antages at have beskadiget ægget i dets videre udvikling.

Stk. 2. Forskningsprojekter efter §25 skal godkendes i det videnskabetiske komitesystem, der forud for eventuel godkendelse vurderer, om projekterne har det tilladte formål.” (Retsinformation. 2019).

Etisk råd mener i et flertal, at teknologier som CRISPR-Cas9 ikke bør lovliggøres til bredere brug, da det ikke er klart, præcis hvilke negative konsekvenser der vil følge. Dertil kommer anbefalingen, at genmodificering udelukkende bruges til sygdomsbehandling, og ikke til ændring af normalegenskaber (med dette menes f.eks. hårfarve eller andre ikke-vitale ændringer) (Etisk råd. 2017).

5.0 Analyse - Teknologien

I dette kapitel vil vi bruge TRIN modellen til at analysere teknologien i dybden, og se på hvordan de tre udvalgte spørgsmål kan føre til en helhedsanalyse.

1. Teknologiers indre mekanismer og processer

I teknologien CRISPR-Cas9 er det interessant at se på proteinstrukturen Cas9 som værende den indre mekanisme i denne teknologianalyse. Cas9s funktion er i korte træk at identificere disse CRISPR sekvenser og derefter spalte dem ud af DNA'ets dobbelthelix og lade kroppens egne reparationsmekanismer reparere bruddet på en af to måder (Biotechacademy.dk, S.d., ¶ Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud).

Modificering af genet ved hjælp af CRISPR-Cas9 sker i denne rækkefølge:

1. Genkendelse af DNA-sekvens via gRNA (GuideRNA) ved en tilfældig kollision (sammenstød) af Cas9 og DNA'et.
2. PAM-genkendelse (en startsekvens specifik til CRISPR).
3. gRNA og DNA bindes sammen.
4. DNA'et spaltes mellem det 3. og 4. basepar efter PAM-sekvensen med et dobbeltstrengsbrud.

5. Cas9 giver slip på DNA'et og processen starter forfra.

Cas9 proteinet bruger gRNA til at identificere hvilke sekvenser den leder efter, og kan omprogrammeres til at genkende selvvalgte DNA-sekvenser. gRNA'et består af en sekvens på 20 nukleotider (de specifikke baser der findes i DNA), der vil være den modsatte til det som Cas9 skal identificere. Dette er fordi DNA'ets basepar kun kan sidde sammen i specifikke ordener (Adenin - Thymin og Guanin - Cytosin). Der er kun ét krav udover gRNA-sekvensen. DNA-sekvensen der søges skal have en PAM-sekvens der lyder: 5'-NGG-3' for Cas9 fra bakterien *Streptococcus Pyogenes*. Det er vigtigt at de 20 nukleotider er umiddelbart efter PAM-sekvensen (Biotechacademy.dk, S.d., ¶ Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud).

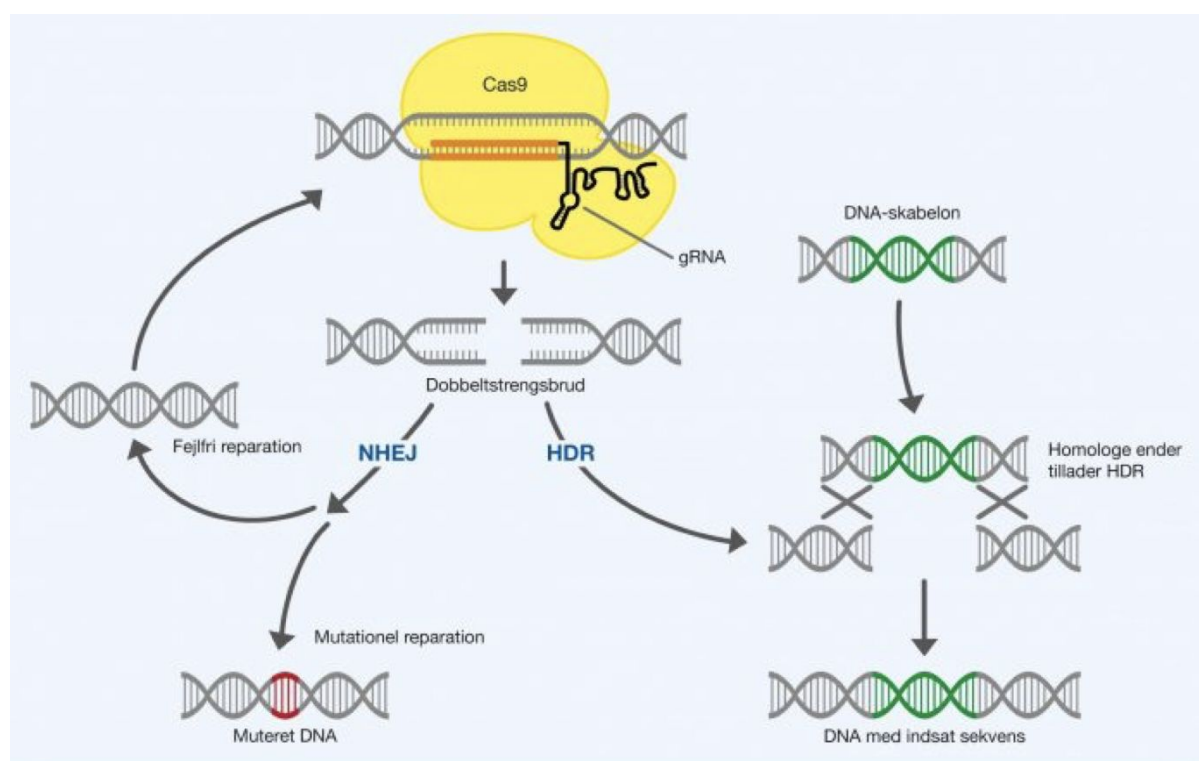
Cas9 udfører et dobbeltstrengsbrud på DNA'et der bliver specificeret af den gRNA der er programmeret ind i proteinet. Denne programmering sker enten naturligt i cellen eller i et laboratorium hvis Cas9 proteinet skal bruges til specifik genmodificering. Når dette brud er lavet er der to muligheder: enten bliver der indsat en sekvens, hvor bruddet blev lavet, der nu vil sammenføre de to løse ender, ellers vil cellen begynde at reparere DNA'et selv og danne mutationer på det. Begge bliver brugt i forbindelse med CRISPR-Cas9 genmodificering. Det er meget vigtigt at være specifik i placeringen af dobbeltstrengsbruddet, da specifikke gener bliver ramt af specifikke DNA-sekvenser. Når et sådan fremmed brud bliver lavet i et stykke ellers funktionelt DNA er det meget kritisk for cellen at det bliver lappet igen, da en separering kan føre til celledød. Der er to forskellige reparationsmekanismer cellen kan udføre: *non-homologous end joining* (NHEJ) og *homology directed repair* (HDR) (Biotechacademy.dk, S.d., ¶ Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud).

Ved NHEJ vil de to løse ender af det dobbeltbrudte DNA blive sammensat igen af kroppens egen reparationsmekanismer, hvor der enten ved insertioner (indsættelse) eller deletioner (fjernelse) af basepar vil blive genskabt samme sekvens der blev taget ud. Denne sekvens vil igen blive genkendt af Cas9 og dermed vil samme procedure ske igen og igen. Når NHEJ uundgåeligt begår en fejl i DNA-sammensætningen vil der ske en mutation i genet og Cas9 kan ikke længere genkende sekvensen. Dette er brugbart til at lave permanente mutationer på specifikke positioner, da et Cas9 protein kan

programmeres til f.eks. at blive ved med at fjerne en sekvens indtil der dannes en mutation på det specifikke sted i DNA'et. En mutation et specifikt sted på genet vil lede til kendte ændringer som f.eks. udskiftelsen af et sygdomsgen med en harmløs mutation (Biotechacademy.dk, S.d., ¶ Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud).

Ved HDR bliver en DNA-sekvens indsat for at reparere et dobbeltstrengsbrud. Sekvensen der anvendes skal have ender der er kompatible med enderne på bruddet, hvilket bl.a. kan findes i andre DNA sekvenser inde i cellen. Dette kan bruges i genmodificeringen, da det kun er enderne der skal matche, og det er derfor muligt at indsætte en selvvalgt sekvens så længe enderne er kompatible. Dette gøres ved at indsætte en kunstig DNA-skabelon hvis ender er kompatible (homologe) med enderne i bruddet der er blevet lavet af Cas9 proteinet (Biotechacademy.dk, S.d., ¶ Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud).

På figur 2 herunder vises NHEJ og HDR



Figur 2: Det ses her at Cas9 starter med at finde den korrekte DNA sekvens via gRNA og derefter laver et dobbeltstrengsbrud. Til venstre vil cellen via NHEJ selv reparere bruddet så det er identisk med startsekvensen, men der vil undgåeligt blive lavet en fejl og dermed opstår der en mutation. Til højre ses hvordan HDR finder en skabelon med homologe (kompatible) ender og derefter indsætter en ny sekvens i bruddet.

Kilde: Biotechacademy.dk. S.d., ¶ Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud

3. Teknologiers utilsigtede effekter

Brugen af CRISPR-Cas9 udenfor officielle kanaler kan lede til en ukontrollerbar udvidelse af teknologien der kan medføre farlige, unødvendige og socialt skævvridede scenarier (The National Academy of Sciences, 2017, s. 105).

Teknologien kan blive brugt af personer der ikke har sat sig ind i den effekt ændringerne kan have på længere sigt, hvilket kan skabe fejlagtige resultater, og samtidigt blive brugt til ikke livsnødvendige indgreb med hensigt på eksempelvis at udvide muskelmasse. Her ses det også at uofficielle kanaler gør brug af teknologien til at skabe profit, ved at udnytte desperate individer (The National Academy of Sciences, 2017, s. 107). Dette kunne f.eks. være personer der er ramt af livstruende sygdomme og ser dette indgreb som deres sidste håb.

En anden udfordring med CRISPR-Cas9 er, at man ved fjernelse af genetiske sygdomme kan risikere samtidig at fjerne positive egenskaber der eventuelt medfølger disse sygdomme. Dette ser man f.eks. med seglcelleanæmi, hvilket er en sygdom som resulterer i en lavere blodprocent (Hasselbalch, H, Sundhed.dk, 2018), og er en sygdom man primært ser i afrikanske lande. Det har vist at en enkelt kopi af genet producerer beskyttelse over for sygdomme som malaria (The National Academy of Sciences, 2017, s. 118). Dette kan derfor også tænkes at være tilfældet med andre genetiske sygdomme, hvilket gør at man blive nødt til at være påpasselig med de ændringer man foretager på menneskers gener. Dermed hersker der også tvivl om hvorvidt vi har stort nok kendskab til de menneskelige gener og hvordan de interagerer med hinanden og deres miljø, til at ændre i de arvelige gener, der på lang sigt kan have store konsekvenser for fremtidige generationer af de individer der får foretaget ændringer i deres gener (The National Academy of Sciences, 2017, s. 118).

Dertil kan der også være en utilsigtet udfordring i at forældre vælger at foretage ændringer i generne på deres fremtidige børn. Her kunne man forestille sig mere velstillede familier i første omgang vil have nemmere adgang til denne teknologi, hvilket kan skabe en større ulighed i samfundet og i sidste ende skabe parallelsamfund,

der ikke længere kun er bestemt ud fra kultur, men også ud fra biologi (The National Academy of Sciences, 2017, s. 128).

Dette kan også ændre normen for hvordan vi ser på andre handicaps i vores samfund (The National Academy of Sciences, 2017, s. 126). Hvis færre forældre vælger at få børn født med handicaps, kan dette mindske mulighederne og midlerne for de forældre der ønsker, eller ved tilfælde får, børn med handicap. Samtidig kan det også medføre at forældre vil blive set ned på og dømt for deres valg om ikke at gøre brug af teknologien (The National Academy of Sciences, 2017, s. 126).

6. Teknologier som innovation

CRISPR-Cas9 er en meget omdiskuteret teknologi, og der er både argumenter for at denne teknologi bliver brugt til at ændre arvemasse og argumenter imod. Dette vil blive kigget nærmere på i dette afsnit.

En af de ting der taler for at implementere brugen af CRISPR-Cas9 på arvemasse er, at teknologien allerede er i brug i fødevarerindustrien, hvor det blandt andet kan mindske risikoen for at planter får sygdomme. F.eks. har forskeren Yinong Yang udviklet en svamp der ikke bliver brun ved hjælp af CRISPR-Cas9 (Gill, 2016). CRISPR-Cas9 er også allerede blevet brugt ved genredigering af somatiske celler for at bekæmpe udvalgte blodsygdomme (Burgio, 2020).

Der er dog stor forskel på at bruge CRISPR-Cas9 på somatiske celler og på at bruge det på kimceller, da en ændring af disse vil medføre at ændringer bliver arvelige. I 2018 lavede den kinesiske biofysiker He Jiankui det første forsøg med genredigerede humane æg. I hans forsøg redigerede han gener fra to tvillingepiger, hvori han ændrede pigernes genom CCR5 der skulle gøre at de ikke kunne få virussen HIV, som deres far havde. Dette forsøg var dog ikke succesfuldt, og måske endda gjorde pigerne mere sårbare over for virussen. Jiankui blev idømt 3 års fængsel for ulovlige medicinske forsøg (Wee, 2019)

Dette eksperiment forårsagede stor debat inden for feltet, og mange forskere har uafhængigt af hinanden foreslået et forbud imod at lave forsøg på embryoner. (Sample, 2019)

6.0 Argumentationsanalyse

I dette kapitel vil vi opstille argumenter der taler for og imod hvorvidt det er etisk forsvarligt at bruge af CRISPR-Cas9 til at ændre celler i embryoner. Vil vi bl.a. inddrage argumenter fra den britiske moralfilosof Jonathan Glover og den amerikanske molekylærbiolog James Watson.

Intro til etik om CRISPR-Cas9

Bør vi bruge CRISPR-Cas9 til at forbedre embryoner? Det er et emne, der deler vandene både etisk og politisk, og som er blevet omdrejningspunktet for store internationale diskussioner. Disse diskussioner omhandler blandt andet, hvorvidt vi som mennesker skal blande os så drastisk i naturens gang - som det potentielt er muligt at gøre ved at ændre embryoner med CRISPR-Cas9 - og om brugen af teknologien vil skabe ulighed. Man skal ikke søge i lang tid på internettet og i faglitteraturen for at finde stærke holdninger både for og imod brugen af disse teknologier. Det kan dog være svært at skelne mellem følelser og valide argumenter, og finde ud af hvilken indflydelse disse teknologier reelt vil have på vores samfund, og hvad disse ændringer indebærer for os som menneske.

For at skabe et overblik over hvilke argumenter der er valide at inddrage i debatten omkring brugen af CRISPR-Cas9, vil vi i nedenstående afsnit gøre brug af en argumentationsanalyse, hvor vi deler de etiske argumenter op i for- og modargumenter ved brugen af teknologien. Vi vil præsentere og analysere tre argumenter for brugen af CRISPR-Cas9 og tre argumenter imod.

Da det ikke i skrivende stund er muligt at bruge teknologien forsvarligt på embryoner - da den ikke er præcis nok og den måske påvirker utilsigtede gener - tager analysen udgangspunkt i en meget sandsynlig fremtid, hvori CRISPR-Cas9 teknologien kan

bruges til at ændre gener i embryoner, og på den måde forbedre dem med en præcision der gør at andre gener ikke bliver påvirket.

6.1 Argumenter for brugen af CRISPR-Cas9:

1 - Forældre har ret til at bestemme over deres egne børn, så længe det ikke skader andre.

I dette argument bliver der diskuteret, hvorvidt forældre skal have ret til benytte sig af CRISPR-Cas9 til at designe og/eller fjerne sygdom og handicap i fostret.

Her vil vi særligt diskutere, hvorvidt brugen af CRISPR-Cas9 som teknologi på fostre, har negative konsekvenser for barnet og dets forældre. Vi vil også vurdere om teknologien vil have nogle negative konsekvenser for samfundet.

“Vi har alle ret til at bestemme over vores egne børn, og derfor også hvilke gener de skal have.” Ifølge James Watson (2003), bør vi selv kunne bestemme over vores børn. På samme måde som vi selv kan vælge om vi ønsker at få et barn med downs-syndrom, bør vi også have ret til at bestemme hvilke gener vores børn skal have.

“Anything—a short child, a tall child, an aggressive child... I’m for using genetics at the level of the individual . . . It is best to let people try and do what they think is best. I wouldn’t want someone else to tell me what to do—as long as you are not hurting someone else” -James Watson (Glover, 2006).

Samme holdning havde filosof John Stuart Mill også. Han kaldte det for ”Harm Principle”. ”Harm Principle” går ind for at det eneste tidspunkt der bør bruges magt mod et civiliseret folkefærd i mod deres vilje, er for at forhindre at andre bliver skadet (Glover, 2006). Det er altså retten til frihed og om at bestemme over sine egne børn, forudsat det ikke skader andre, der er James Watsons budskab.

Vi deler nu Watsons argument op i tre dele. Præmis 1 er den normative præmis, der belyser en generel etisk samfundsholdning. Præmis 2 er den teknologiske præmis, der har et mere direkte fokus på selve teknologien CRISPR-Cas9. Til sidst har vi en konklusion hvor der rettes fokus på selve konklusionen af argumentet. Efter vi har opdelt argumentet i disse tre punkter, vil vi analysere og diskutere præmisserne og

konklusionen i hvert sit afsnit. Denne fremgangsmåde vil blive brugt på samtlige argumenter i denne argumentationsanalyse.

Præmis 1: Forældre bør være frie til at gøre med deres børn som de ønsker, så længe det ikke skader børnene eller andre.

Præmis 2: Ved at anvende brugen af CRISPR-Cas9 eller selektion af embryoner skader forældre ikke børn eller andre.

Konklusion: Forældre bør have lov til at anvende CRISPR-Cas9 og selektion til at benytte sig af designerbabyer.

Præmis 1 - Forældre bør være frie til at gøre med deres børn som de ønsker, så længe det ikke skader børnene eller andre.

Vi har fri ret til at sætte børn til verden. Ligesom vi selv må bestemme hvordan vores børn skal opdrages, hvilke rammer vores børn skal vokse op under - så vidt det er socialt og økonomisk muligt - og hvilken institution og skole barnet skal gå i. På den måde bærer vi allerede en stor del af ansvaret, for hvilke værdier vores børn skal vokse op med. I Danmark er der undervisningspligt, men ikke skolepligt, og vi har derfor også muligheden for selv at give vores børn hjemmeundervisning, så længe det står til mål for folkeskolens undervisningskrav (Grundlovens paragraf 76). Vi har altså allerede ret til, og mulighed for, at påvirke vores børn på mange områder, så hvorfor må vi ikke også påvirke vores børn, ved hjælp af CRISPR-Cas9?

Teknologien giver en mulighed for, at kommende børn, der ellers ikke ville have udsigt til gode gener, vil blive mere ligeligt stillet med børn der er født naturligt med gode gener. Dette eksempel kan sammenlignes med Etisk Råds eksempel på brugen af EPO:

“Det er uretfærdigt, hvis nogle tager EPO, mens andre ikke gør! Men interessant nok er det sådan, at nogle sportsfolk helt naturligt producerer mere EPO end andre og altså har en klar medfødt fordel.” (Etisk Råd, 2010)

Her er argumentet, at nogle atleter naturligt producerer mere erythropoietin (EPO) end andre atleter, og derfor har et medfødt forspring. Dette kan blive neutraliseret ved en

legalisering af indtagelsen af EPO som et præstationsfremmende middel, eftersom de atleter der naturligt producerer mindre erythropoietin lovligt kan benytte sig af EPO. På denne måde fjernes forspringet som atleterne der medfødt producerer mere erythropoietin har. På samme måde har et barn med f.eks. en højere IQ, eller en bedre fysik en medfødt fordel, som børn der ikke står til at blive medfødt med, kan få udlignet ved brug af CRISPR-Cas9. Dette vil blive diskuteret yderligere i argumentet "CRISPR vil skabe ulighed"

Men hvis alle gør brug af designerbabyer til at skabe børn med den højeste IQ, vil det så ikke skabe en ustabilitet i vores samfund, hvor der vil være mangler på ikke akademiske jobs? Dette vil blive diskuteret yderligere i argumentet "Hvis alle får designerbabyer, mister designerbabyer deres værdi". Som en løsning på den problemstilling - hvis vi tænker rigtig stort - kunne man forestille sig at hvert enkelt barn, bliver tildelt hver sin rolle i samfundet, så f.eks. en kommende forsker får en højere IQ, mens en flyttemand får en bedre fysik. På den måde kunne man sætte mennesket i bokse, og danne det arbejdsmæssige perfekte samfund - lidt ligesom det ses i en myretue hvor man har arbejderne, soldaterne, dronningen osv.. Denne "sci-fi verden" er formentlig langt ude, men er et eksempel på hvor stor teknologiens potentiale er, og hvor meget den potentielt kan ændre verden som vi kender den i dag.

Præmis 2 - Ved at anvende brugen af CRISPR-Cas9 eller selektion af embryoner skader forældre ikke børn eller andre.

Ved en korrekt anvendelse af CRISPR-Cas9 teknologien, kan teknologien ligefrem gå ind og hjælpe tesen: "så længe det ikke skader barnet", ved at forhindre skade på barnet. Hvis et medfødt handicap regnes som en skade for barnet, kan brugen af teknologien være løsningen på at undgå en skade på barnet, ved at fjerne et givent handicap. Det er allerede lovligt at abortere et foster - også efter de første 12 uger, som er den egentlige abortgrænse - hvis man ved brug af ultralyd, kan se at barnet vil blive født med et fysisk eller psykisk handicap (Bertelsen, 2014). Hvorfor ikke i stedet benytte sig af CRISPR-Cas9 teknologien, og forhindre, at barnet bliver født med et handicap eller sygdom?

Hvis vi antager at brugen af denne teknologi er lovlig og problemfri til brug af fjernelse af handicap blandt fostre, fjerner vi så ikke også en frihed hos både barnet og dets forældre? Et eksempel kunne være, at staten vælger at fjerne al offentlig støtte til familier der får handicappede børn, eftersom de med den nye teknologi, kunne have fået fjernet handicappet fra fostret inden barnet blev født. På den måde fjernes forældrenes eget frie valg, og de bliver i stedet økonomisk tvunget til at benytte sig af teknologien. Dette er selvfølgelig udelukkende et tænkt eksempel, men det belyser alligevel hvordan CRISPR-Cas9, kan tage frihed fra os. Den tyske filosof Jürgen Habermas argumenterer:

“Man er nødt til at blive skabt tilfældigt for at være fri, for at føle, at du på et hvilket som helst tidspunkt i dit liv kan gå tilbage og genskabe dig selv. Og hvis nogen har designet dig, så er du ikke fri; din ret til frihed er blevet krænkede.” (Etisk Råd, 2016)

Et barn der bliver født som et designerbarn vil ifølge Jürgen Habermas, derfor ikke være født som fri. Barnet vil allerede fra fødslen have mistet en del af sin frihed, til at træffe sine egne valg om barnet selv. Måske vil et barn født som designerbarn, også miste en del af sin egen identitetsforståelse, og føle sig mere som et designet væsen der er skabt til at passe ind i samfundet, end et egentligt menneske med frihed til at træffe sine egne valg i livet. Jürgen Habermas argumenterer yderligere:

“Hvis du er designet af en anden, så er designeren ikke din ligemand, derfor siger han, at retten til lighed er krænkede. Vi betragter retten til frihed og lighed som basis for vores demokratiske samfund, og det er i modstrid med alt, hvad vi tror på i forhold til individer og hvem de er.” (Etisk Råd, 2016)

Hvis vi antager at mindre frihed er en skade, og vi konkluderer at brugen af CRISPR-Cas9 på embryoner kan skabe mindre frihed, modstrider teknologien faktisk tesen om at teknologien ikke skader barnet og/eller forældrene.

Modsat tillader vi allerede brugen af sæddonation, hvor man ved hjælp af en sæddonerprofil, allerede kan påvirke barnets højde, vægt, blodtype, etnicitet, hår- og øjenfarve (European Sperm Bank, S.d.). Der opstår noget paradoksalt, hvis det ikke er

tilladt at benytte sig af CRISPR til at designe ens børn, men det er lovligt at designe ens børn gennem en sæddoner.

Konklusion - Etisk set, bør forældre have lov til at anvende CRISPR-Cas9 og selektion til at benytte sig af designerbabyer.

Ud fra præmisserne kan vi konkludere at forældre bør have lov til at benytte sig af teknologien, eftersom den hverken vil skade barnet eller andre. Netop ved konklusionen at teknologien ikke vil skade andre mennesker, opstår der et paradoks. Det kan ikke afkræftes at brugen af designerbabyer vil skade andre, selvom det formentlig ikke direkte vil skade nogen, og det derfor også bliver et tolknings spørgsmål, om hvorvidt "the Harm Principle" refererer til direkte eller indirekte skade på andre mennesker. Her skal det forstås at ved direkte skade er der tale om den øjensynlige skade på barnet eller andre mennesker, mens der ved indirekte skade menes alle de efterfølgende negative samfundskonsekvenser, ved brugen af teknologien, eller de psykiske konsekvenser for barnet og/eller barnets forældre som f.eks. mangel på frihed og identitet.

I dette tilfælde er der en risiko for at der opstår en indirekte skade ved brugen af teknologien, i form af større social og økonomisk ulighed i samfundet.

Ligesom der er en risiko for en indirekte skade, i form af mangel på frihed som vi dækkede i 'Præmis 2'.

Hvis teknologien bliver markedsført gennem det private marked, er der en risiko for at teknologien vil have en høj pris, der vil gøre det lettere for rigere lande og personer at benytte sig af teknologien, og på den måde skabe et intellektuelt forspring, der vil gøre det svært at bryde den sociale arv, eller omdanne et u-land til et i-land. Der er altså en risiko for større ulighed, ved brugen af teknologien. Dette er en problemstilling, vi vil belyse yderligere under argument 2 der taler imod brugen af CRISPR-Cas9 - "CRISPR vil skabe ulighed". Dog kan brugen af CRISPR-Cas9 også være et nyttigt værktøj, der kan fjerne mange af de direkte skader, som barnet uden teknologiens hjælp ville blive født med.

2 - Vi skal søge fremskridt som mennesker, hvilket CRISPR-Cas9 kan hjælpe med.

Bør vi altid stræbe efter fremskridt? Hvor stor en rolle vil CRISPR-Cas9 have for vores fremskridt? I analysen af dette argument vil der blive diskuteret, hvorvidt fremskridt altid er noget vi bør stræbe efter. Derudover vil der blive diskuteret, hvor stor en rolle CRISPR-Cas9 vil have på vores fremskridt sammenlignet med teknologier, som tidligere har spillet en central rolle for menneskelighedens udvikling.

Menneskelige forbedringer kan være mange ting. Det kan være genetisk ændrede kognitive, evner såsom bedre hukommelse og koncentrationsevne ved hjælp af CRISPR-Cas9, men det kan også være et forbedret samfund, hvor mennesker lever bedre end de tidligere har gjort. I bogen "Better than human - the promise and perils of enhancing ourselves" beskriver Allen Buchanan en forbedring som:

"an intervention—a human action of any kind—that improves some capacity (or characteristic) that normal human beings ordinarily have or, more radically, that produces a new one." (Buchanan, 2011).

I bogen argumenterer Buchanan for at ikke-genetiske forbedringer såsom læsefærdigheder og videnskab har formet os til at være som vi er i dag (Buchanan, 2011). Der er sket kæmpe fremskridt for menneskeligheden ved hjælp af disse ikke-genetiske forbedringer, og hvis fremskridt er noget vi ønsker, er biomedicinske forbedringer ved hjælp af CRISPR-Cas9 så ikke etisk forsvarligt? I "Better than human" skriver Buchanan:

"Given that enhancement isn't new and that it has played a central role in human progress, what's all the fuss? Why should we tie our hands, cut ourselves off from further progress, by forgoing enhancements just because they happen to use biomedical technologies?" (Buchanan, 2011).

Dette argument kan altså opstilles således:

Præmis 1: Vi bør acceptere teknologier der kan spille en central rolle i menneskets fremskridt.

Præmis 2: Biomedicinske forbedringer har potentiale til at spille en central rolle i menneskets fremskridt.

Konklusion: CRISPR-Cas9 er etisk korrekt at bruge.

Præmis 1 - Vi bør acceptere teknologier der kan spille en central rolle i menneskets fremskridt.

Buchanan argumenterer i bogen for, at ikke genetiske fordele har haft meget stor betydning for mennesker gennem historien (Buchanan, 2011). Dette er er unægteligt korrekt. Ikke genetiske forbedringer har påvirket mennesker på en utrolig stor måde, og som Buchanan skriver, har de været med til at forme os til at være som vi er i dag (Buchanan, 2011). F.eks. har opfindelsen af landbruget betydet, at vi som mennesker har udviklet civilisationer og institutioner, som har gjort livet bedre for mennesker i hele verden (Buchanan, 2011). Kognitive ikke genetiske forbedringer, såsom internettet og Google, mener Buchanan også har haft en kæmpemæssig indflydelse på vores liv som mennesker, og på måden vi lever på. Han siger om dette: *"Thanks to these nonbiomedical cognitive enhancements, human beings now have powers that our ancestors could only attribute to the gods."* (Buchanan, 2011). Internettets tilgængelighed har betydet, at mennesker er i stand til at have stort set alt viden tilgængelig, og forbedringer som nye træningsmetoder og ny medicin, der kan forbedre vores kroppe og skabe fremskridt inden for vores sundhed, er noget som ikke bare bliver accepteret, men noget som mennesker stræber efter

Forbedringer som ikke er biomedicinske har altså historisk set spillet en central rolle for menneskelighedens fremskridt, og hvis alle disse forbedringer som ikke er biomedicinske er accepteret blandt mennesker, bør vi så ikke acceptere biomedicinske forbedringer som CRISPR-Cas9 som har potentiale til at skabe fremskridt inden for de samme områder? Til dette præmis kan der dog stilles spørgsmålet: Er teknologiske fremskridt altid gode for os, og bør vi altid acceptere teknologier som kan skabe fremskridt? Der er flere eksempler i historien hvor nye teknologier, som har haft til formål at skabe fremskridt, har haft store negative konsekvenser for mennesker. Et eksempel på dette kan findes under den industrielle revolution. Under den industrielle

revolution fik teknologien (forbedringen) værktøjsmaskinen en kæmpe indflydelse på menneskerne i storbritannien. Værktøjsmaskinen gjorde det muligt at forarbejde store mængder bomuld på maskiner, hvilket betød at de faglærte spindere som før spandt bomulden i deres eget hjem blev overflødige (Marx, 1870). I stedet blev der indført en centraliseret fabriksproduktion i storbyerne. Dette betød b.l.a., at der kom mange mennesker til byen for at arbejde, som levede under usle forhold, havde dårlige arbejdsforhold, meget forurening og, at børnearbejde blev brugt i et stort omfang (Marx, 1870). Men selvom maskinen medførte negative konsekvenser for de faglærte spindere, arbejderne og familierne på fabrikkerne, er der nok ikke mange mennesker i dag, der kunne tænke sig en verden uden, og det kan ikke diskuteres, at maskinen har spillet en central rolle for vores fremskridt.

Forbedringer og fremskridt kan altså have konsekvenser, men det har også betydet, at vi den dag i dag lever under bedre vilkår end nogensinde før i historien. Vores gennemsnitlige levetid er længere end nogensinde før, der er mindre børnedødelighed og vi bliver mindre syge (Ortiz-Ospina & Roser, 2016). Fremskridt er noget som vi historisk set har søgt efter og stadig søger den dag i dag. Hvis vi ønsker fremskridt ved hjælp af ikke-biomedicinske forbedringer, bør vi så ikke også ønske det inden for biomedicinske forbedringer?

Præmis 2 - Biomedicinske forbedringer har potentiale til at spille en central rolle i menneskets fremskridt.

Hvis CRISPR-Cas9 bliver i stand til at kunne ændre gener i embryoner med høj præcision, og på den måde skabe højere IQ, længere levetid og færre sygdomme hos brugere, kunne det for menneskeligheden betyde kæmpe et fremskridt.

Konklusion - CRISPR-Cas9 er etisk korrekt at bruge.

Konklusionen er logisk gyldig, fordi at der er sammenhæng mellem præmisserne og konklusionen, og ud fra kravet om konsistens fra Petersen (2016, s. 131-144) giver det også mening, for ifølge præmissen om, at vi bør acceptere teknologier, som kan spille en central rolle for vores fremskridt, må vi også acceptere at brugen af CRISPR-Cas9 er

etisk forsvarligt, da det i stor grad har potentiale til at spille en central rolle for vores fremskridt.

Men selvom ikke-genetiske forbedringer historisk set har haft en kæmpemæssig betydning for menneskers liv, og endda spillet en større rolle end genetiske forbedringer de sidste mange tusinde år, har der også været konsekvenser ved disse fremskridt. F.eks. de dårlige forhold for arbejderne under den industrielle revolution (Marx, 1870). Vi har endnu ikke oplevet noget med så stort et potentiale til at forbedre vores genetik som CRISPR-Cas9, og der er stor uvished om hvilke konsekvenser det kan medføre. Med det sagt er det dog ikke utænkeligt, at genetiske forbedringer ikke kommer til at have ligeså stor indflydelse på vores udvikling som ikke-genetiske forbedringer har haft, og derfor ikke ligeså store konsekvenser.

3 - Hvis CRISPR-Cas9 kun var lovligt i nogle lande, ville det skabe genetiske uligheder i verden.

Et andet argument for lovliggørelsen af CRISPR-Cas9 er, at det ikke nødvendigvis er alle lande i verden der kommer til at gøre det ulovligt. Jonathan Glover - som mener, at selvom love ikke nødvendigvis løser problemet, bør vi stadig finde ud af hvilke love vi mener er de rigtige. Glover (2006), siger:

“There is a real question about whether either a general ban on genetic enhancement, or the regulated version of the market in genes, is possible. Bans or regulation in some countries might be ineffective, just leading to genetic tourism. And we have seen how hard it is on a global scale to set limits to the market—for instance, to protect ourselves against the consequences of global warming.” (Glover, 2006)

“Genetisk turisme” er dog ikke den eneste konsekvens man kunne forestille sig hvis der var forskel på landenes love. For hvis f.eks. alle de vestlige lande besluttede ikke at bruge CRISPR-Cas9 til at forbedre gener i embryoner, men f.eks. et land som Nordkorea - der har mange anderledes holdninger til etik - besluttede at det for dem var etisk forsvarligt, ville det betyde at der ville komme en ulighed mellem mennesker, hvor befolkningen ét sted på Jorden var f.eks. klogere, stærkere og havde længere levetid end befolkningen et andet sted på Jorden. Her er argumentet altså, at for at forhindre denne

ulighed bør alle lande bruge teknologien, da det ikke er muligt at regulere den i hele verden.

Præmisserne og konklusionen for dette argument kan opstilles således:

Præmis 1: Lande bør ikke have genetiske uligheder.

Præmis 2: Det er ikke muligt at få alle lande til at lave samme regler for CRISPR-Cas9.

Konklusion: Brugen af CRISPR-Cas9 er etisk forsvarligt da andre lande også potentielt bruger den.

Præmis 1 - Lande bør ikke have genetiske uligheder.

Uligheder er ikke noget vi ønsker, og bestemt ikke store uligheder mellem lande. Forskellige lande i verden har allerede mange genetiske uligheder. F.eks. er gennemsnitshøjden på mænd i Holland 182 cm mens den er 162 cm i Nepal (Roser, Appel & Ritchie, 2020). Hvis vi ikke synes, at der er noget galt med, at der er forskel på menneskers højde af naturlige årsager, hvorfor vil det så være et problem, hvis højdeforskellen forekom ved hjælp af CRISPR-Cas9? Der er desuden et utal af andre ikke-genetiske uligheder blandt mennesker i verden som f.eks. økonomiske. De 20 rigeste lande i verden udgør tre fjerdedele af verdens globale økonomi målt på bruttonationalprodukt, mens de resterende lande kun udgør én fjerdedel. (Silver, 2020).

Der er også store uligheder inden for uddannelsesmuligheder. I Danmark har personer over 25 år i gennemsnit gået i skole i ca. 12 år af deres liv, mens dette tal kun er 3 år i Senegal (Roser & Ortiz-Ospina, 2020). Hvorfor skulle genetiske fordele være mere alvorlige end f.eks. økonomiske fordele? Vi tillader i forvejen uligheder på mange andre punkter, så hvorfor vil vi ikke tillade hvis lignende uligheder skete via genmanipulation? Opstår der ikke en dobbeltmorale ved at acceptere den ene slags uligheder men ikke den anden?

Med dette sagt er ulighed dog ikke noget vi ønsker, og bare fordi der er mange andre uligheder i verden, betyder det ikke, at vi skal betragte uligheder som ligegyldige og acceptere dem.

Præmis 2 - Det er ikke muligt at få alle lande til at lave samme regler for CRISPR-Cas9.

Forskellige verdensdele og lande har vidt forskellige etiske holdninger og trosretninger. Det er derfor naturligt, at forskellige lande og verdensdele indfører forskellige love. Abort er f.eks. et utroligt omdiskuteret emne hvor nogle lande er for det og andre lande er meget imod det. F.eks. er abort i Malta ulovligt men lovligt i Danmark (Trolle, 2018).

Det er altså ikke utænkeligt, at det bliver svært, at få forskellige lande med forskellige holdninger til at blive enige omkring et problem med så mange etiske overvejelser som CRISPR-Cas9 teknologien potentielt kan medføre.

Konklusion - Brugen af CRISPR-Cas9 er etisk forsvarligt da andre lande også bruger den.

Dette argument er ikke logisk gyldigt da der ikke er sammenhæng mellem præmisserne og konklusionen. For selvom nogle lande beslutter, at de ser teknologien som etisk forsvarlig at bruge på embryoner, betyder det ikke, at andre lande derfor også skal gøre det.

Det er en skræmmende tanke at tænke hvordan en verden ville se ud hvis f.eks. et diktatorisk samfund som Nordkorea som det eneste land i verden lovliggjorde muligheden for designerbabyer. Hvad hvis de besluttede, at alle børn skulle have deres gener ændret så de ikke føler empati, blev utroligt stærke og blev perfekt egnet til krigsførelse? Hvis vi så beslutter f.eks. i Danmark, at vi mener, at det ikke er etisk korrekt at bruge CRISPR-Cas9 på embryoner, bør vi så ikke gøre hvad vi synes er det rigtige at gøre i stedet for at tænke på hvad andre lande gør? Hvad hvis andre lande besluttede at have atomvåben, burde vi så også have dem, så de ikke havde en fordel i tilfælde af krig? Hvad hvis andre lande besluttede, at børn skulle gå i skole fra kl. 08-22 hver dag, ville vi så også gøre det, så deres børn ikke bliver klogere end vores børn?

6.2 Argumenter imod brugen af CRISPR-Cas9

Vi vil i dette afsnit opstille, diskutere og kritisere 3 argumenter, der taler imod brugen af CRISPR-Cas9.

1 - Hvis alle får designerbabyer, mister designerbabyer deres værdi.

I dette afsnit bliver der diskuteret, hvad det ville betyde for vores samfund, hvis alle fik genetiske forbedringer som en højere IQ ved hjælp af CRISPR-Cas9. Vil det betyde, at der ikke er nogen der har lyst til at arbejde i håndværkerfagene? Og hvis alle mennesker får en høj IQ, vil det så overhovedet være en fordel for det enkelte menneske, eller vil standarden for hvad der er "normal" IQ blot blive stillet højere?

Hvis vi alle bliver født som designerbabyer, med de bedst mulige kompetencer, neutraliseres ideen om at skabe et "supermenneske", da ingen vil være unikke. Professor Fred Hirsch har en pointe han kalder for "positional goods". Denne pointe bygger bl.a. på ideen om uddannelse. Hvis man skal søge et job, vil det ofte være en fordel at have en uddannelse. Denne fordel er grunden til at mange tager en uddannelse. Men når mange tager en uddannelse, mister den en del af sin værdi, i forhold til jobsøgningen, da det at have en uddannelse ikke er unikt. (Glover, 2006) Denne søgen efter unikke kompetencer, kan være en grund til at benytte sig af designerbabyer. Men når først én person får en designerbaby, bliver det hurtigt til mange personer der får designerbabyer, og så mister den sin værdi og bliver normen.

"If everyone stands on tiptoe, no one sees better" -Fred Hirsch (Glover, 2006).

Præmis 1: Vi bør stræbe efter diversitet i samfundet.

Præmis 2: Hvis vi alle får designerbabyer, bliver designerbabyer mindre unikke.

Konklusion: Brugen af CRISPR-Cas9 til designerbabyer er ikke ideel, da teknologien mister sin værdi ved masseanvendelse.

Præmis 1 - Vi bør stræbe efter diversitet i samfundet.

Vi ser allerede i dag at flere danskere vælger gymnasiet frem for erhvervsuddannelser. I 2018 gik 45% videre efter 9. klasse på en ungdomsuddannelse, heraf søgte 39% ind på et gymnasium, mens kun 6% søgte ind på en erhvervsuddannelse (EVA, 2018). Vi må antage, at forældre ønsker det bedst mulige for deres børn, og derfor også vil give deres kommende børn de bedst mulige kompetencer. Derfor vil en stor del forældre formentlig også give deres børn en højere IQ, hvis de har muligheden. Men hvis vores børn bliver designet med højere IQ, og derfor også designet til at tage lange videregående uddannelser, vil denne ustabilitet i vores samfund, måske blive endnu større. På den måde vil der opstå endnu større mangel på arbejdskraft blandt de mere fysiske jobs. Ved ikke at bruge teknologien, vil vi derfor have større diversitet i samfundet, da arbejdskraften blive bredt mere ud, eftersom vi alle bliver født forskellige og med forskellige kompetencer. Vi ser dog allerede ustabilitet i samfundet i dag, en ustabilitet som CRISPR-Cas9 måske ville kunne hjælpe med at ændre på, hvis teknologien bliver brugt målrettet mod at skabe stabilitet i samfundet. Dette kan f.eks. gøres ved at designe kommende børn med kompetencer der har relevans, for de erhvervs med en manglende arbejdskraft.

Præmis 2 - Hvis vi alle får designerbabyer, bliver designerbabyer mindre værdifulde.

En højere IQ vil formentlig give en potentiel positionel fordel til bl.a. en jobsamtale, men denne fordel er ikke nødvendigvis den eneste gode, og derfor neutraliseres formålet heller ikke fuldstændig, hvis designerbabyer bliver tilgængelige for alle. Tager man universitetsuddannelser som eksempel, udvikler den studerende sig ikke udelukkende inden for pensum, men også som person. En studerende studerer og søger viden i mange retninger ud over pensum, og på den måde bliver der skabt en enorm bred viden og forskning samlet set på et universitet. Denne viden vil potentielt blive endnu større og bredere, ved en gennemsnitlig højere IQ, i samfundet, hvilket i sidste ende potentielt vil udvikle hele samfundet.

Konklusion - Brugen af CRISPR-Cas9 til designerbabyer er ikke ideel, da teknologien mister sin værdi ved masse anvendelse.

Argumentet er som udgangspunkt gyldigt, men kan dog ses som en sandhed med modifikationer. Brugen af designerbabe vil umiddelbart skabe en større ustabilitet i samfundet, hvor flere med højere IQ vil gå den akademiske vej. Denne konsekvens kan dog også have et andet udfald. Hvis alle i samfundet får en højere IQ, og mange går den akademiske vej, vil det skabe et stort potentiale til en større teknologisk udvikling. I denne teknologiske udvikling, vil der kunne skabes teknologier der kan gå ind og erstatte de erhverv der har mangel på arbejdskraft, og på den måde skabe stabilitet i samfundet. Selvom alle kommer til at have lige gode kompetencer, betyder der ikke, at samfundet ikke ville kunne fungere og udvikle sig. Desuden er der en risiko for, at alle ikke vil have mulighed for at benytte sig af CRISPR-Cas9, og derfor vil de børn der er designet med bedre kompetencer, stadigvæk have en fordel over dem der ikke er designet, og som ikke besidder lige så gode kompetencer. Dette vil vi diskutere yderligere i næste afsnit "CRISPR vil skabe ulighed".

2 - CRISPR-Cas9 vil skabe ulighed.

Kommer CRISPR-Cas9 til at skabe uretfærdige fordele til den rigere befolkningsgruppe? Et argument der ofte kommer op i debatten om brugen af CRISPR-Cas9 er, at det vil skabe ulighed. Der argumenteres i dette afsnit for, at en teknologi der har potentiale til at forbedre menneskers genetiske egenskaber i en sådan grad som CRISPR-Cas9 har, vil betyde, at der kommer en ulighed i befolkningen. De rige får klogere, sundere og stærkere børn, mens underklassens befolkning ville få en klar ulempe. En journalist i The Washington post skriver:

"Only the wealthy would be able to afford made-to-order babies. This means the privileged few would be able to eliminate imperfections and improve the talent, beauty, stature and IQ of their offspring — thus locking in their privilege for generations. Those at the bottom would not. This could be a death blow to the American Dream, the idea that anyone who is willing to work hard in this country can rise up the economic ladder". (Thiessen, 2018)

Dette argument går ofte igen. F.eks. skriver Sheldon Krinsky, professor på Tufts University i Massachusetts, i artikelen "The Moral Choices on CRISPR Babies" at

“It is highly unlikely that any current society, even societies with strong social welfare policies, would make this procedure [CRISPR-Cas9] available to everyone.” (Krimsky, 2019)

Dette argument kan opstilles således:

Præmis 1: Vi bør ikke have ulighed.

Præmis 2: Kun de rige har råd til CRISPR.

Konklusion: Det er ikke etisk forsvarligt at bruge CRISPR-Cas9 på embryoner da det vil skabe en ulighed i befolkningen.

Præmis 1 - Vi bør ikke have ulighed.

Der har i de senere år været særlig stor fokus på ulighed, og der bliver da også - specielt i den vestlige verden - ikke accepteret ulighed via diskrimination af b.l.a. hudfarve, seksuel orientering og køn. Men ulighed accepteres alligevel over en lang række andre områder i vores samfund, og vi har i forvejen ikke de samme muligheder i vores liv. Vi tillader f.eks. at mennesker med flere penge har bedre muligheder for at uddanne sig. Vi accepterer at nogle mennesker er født med en højere IQ, ligesom vi accepterer at nogle mennesker er født med store fordele i sportens verden. F.eks. Er nogle mennesker højere og har længere arme, og har derfor bedre mulighed for at vinde en boksekamp, mens nogle mennesker er født med korte arme som giver dem en fordel i vægtløftnings konkurrencer. Ulighed er noget der er forekommet gennem hele menneskets historie. Men bare fordi ulighed er noget som forekommer ofte, er det ikke ensbetydende med at vi bør acceptere det, og specielt ikke hvis det kan skabe stor genetisk ulighed mellem mennesker.

Præmis 2 - Kun de rige har råd til CRISPR.

En af de ting der er så revolutionerende ved CRISPR-Cas9 er at prisen er utrolig lav for at redigere gener. I stedet for at koste 100.000 kr. som det gjorde med andre genredigerings-teknologier, koster CRISPR-Cas9 så lidt som 100 kr. (Videnskab.dk.,

2015). Det er derfor ikke korrekt at påstå at kun de rige kommer til at have råd til at have råd til at ændre generne på deres børn.

Som det blev diskuteret i argument for 1 "Forældre har ret til at bestemme over deres børn, så længe det ikke skader andre" er det dog potentielt en mulighed, at teknologien blev markedsført privat og, at et firma tog patent på teknologien for på den måde at skabe et monopol inden for CRISPR-Cas9. Dette er set andre steder i medicinalbranchen, som f.eks. medicinfirmaet Abbvie som har patent på en bestemt type gigt behandling, hvilket gør, at de kan skruer prisen op (Hoen, 2019).

Konklusion - Det er ikke etisk forsvarligt at bruge CRISPR-Cas9 på embryoner da det vil skabe en ulighed i befolkningen.

Argumentet er logisk gyldigt, da præmisserne passer til konklusionen. For hvis vi ikke ønsker ulighed, og kun rige mennesker kan forbedre deres børns gener er brugen af CRISPR-Cas9 ikke etisk forsvarligt da det vil skabe ulighed. Præmisserne er dog ikke faktuelle korrekte. Det er en sandhed med modifikationer at påstå, at kun rige mennesker kommer til at få råd til at gøre brug af CRISPR-Cas9. For det er ikke til at vide om CRISPR-Cas9 bliver billig at bruge eller dyrt at bruge p.g.a. at et specifikt firma får monopol på teknologien. Hvis det bliver dyrt at bruge er det dog, som Thiessen og Krimsky skriver, meget muligt, at der kommer til at opstå en genetisk ulighed mellem mennesker, hvor velhavende personer kommer til at få en klar genetisk fordel. Med dette sagt er der dog allerede mange uligheder i vores samfund i forvejen - nogle af dem også genetiske - som bliver accepteret, og man kan argumentere for, at hvis alle fik mulighed for at bruge teknologien ville det have den modsatte effekt af ulighed, nemlig at formindske nogle af de uligheder som der allerede forekommer i samfundet via social arv. Der bør altså tages forbehold hvis dette argument inddrages i debatten, da præmissen er en sandhed med modifikationer.

3 - Vi bør lade naturen gå sin gang.

Bør vi lade naturen gå sin gang? Der bliver i dette argument argumenteret imod brugen af CRISPR-Cas9 på embryoner og på den måde ændre gener i fremtidige generationer, af den grund at vi ikke skal pille ved naturens orden. Nogle religiøse fortalere for dette

argument vil sige, at man ikke skal "lege Gud", mens andre mener, at naturen fungerer på måder som mennesket ikke forstår, og, at vi derfor ikke bør påvirke den.

Edward Wilson forfatter af the bestselleren "the meaning of human existence" skriver:

"We are about to abandon natural selection, the process that created us, in order to direct our own evolution by volitional selection—the process of redesigning our biology and human nature as we wish them to be" (Wilson, 2014)

Dette argument kan opstilles således:

Præmis 1: Vi bør lade naturen gå sin gang.

Præmis 2: Naturen (Gud) ved hvad den laver, og resultaterne af den naturlige evolution er det retmæssige.

Konklusion: Det er ikke etisk forsvarligt at bruge CRISPR-Cas9 til at ændre på kønsceller.

Præmis 1- Vi bør lade naturen gå sin gang.

Før vi kan analysere dette er det vigtigt med en begrebsafklaring. Hvad vil det sige at lade "naturen" gå sin gang? Hvis vi antager, at det betyder at vi ikke skal lave indvendinger i hvad naturen laver, er det så ikke også at blande sig i "naturens gang" og at "lege Gud" at redde en person fra en dødelig sygdom ved hjælp af medicin og operation? Er det at blande sig i den naturlige selektion at befrugte et æg ved hjælp af kunstig befrugtning, hvor et forældrepar ellers ikke havde haft mulighed for at få et barn?

Hvis grænsen for at lade naturen gå sin gang - af den ene eller anden grund - går ved at ændre generne på kønsceller, er der dog også problemer ved dette. Nemlig, at mennesker allerede har påvirket den "naturlige" evolution gennem hele historien, og bliver ved med at gøre det. Et eksempel på dette er ved at bygge samfund med domesticerede dyr, hvori nogle mennesker blev tolerante over for laktose, da vi begyndte at have landdyr som producerede mælk. (Peeples, 2009). Et andet eksempel på, at mennesker har påvirket den naturlige selektion er da mennesket begyndte at

have landdyr og være i tæt kontakt til dyrene, opstod der sygdomme og epidemier, hvori de personer med immunitet overfor sygdommene havde størst chance for at overleve og give deres gener videre til den næste generation. (Buchanan, 2011)

Er disse eksempler at "lege Gud" og pille ved "naturens gang"? Selv om det ikke var intenderet, så ændrede mennesker selv deres gener i disse tilfælde. Hvis ikke dette opfattes som at pille ved "naturens" gang, hvorfor er det så at pille ved naturen hvis vi ændrer vores gener via CRISPR-Cas9? Vores gener er på den måde de er i dag, på grund af vores egne handlinger. Hvis vi er tilfredse med de gener vi har i dag, efter at mennesker selv har formet dem, så må vi konkludere, at det at lade naturen gå sin gang ikke er en nødvendighed. Med dette sagt så er det sandt, at mennesker aldrig har haft mulighed for at ændre på evolutionen på så drastisk en måde før som det ville blive gjort ved hjælp af CRISPR-Cas9.

Præmis 2 - Den naturlige evolution fungerer optimalt, og resultaterne af den naturlige evolution er det retmæssige.

Naturen bliver ofte set som værende i perfekt harmoni. Naturen (Gud) har styr på hvad den laver og alting har en mening. Naturens økosystem er perfekt designet og menneskekroppen er en fantastisk maskine. Men er den nu også det? I Better than human argumenterer Buchanan imod dette synspunkt. Han mener at der er mange fejl i naturen og at den langt fra er perfekt. F.eks. pointerer han, at mennesker ikke selv kan producere C vitamin hvilket har ført til utallige døde p.g.a. skørbug, og, at det ikke er optimalt at luftrøret og spiserøret sidder lige ved siden af hinanden da det kan føre til kvælning (Buchanan, 2011). Om vores evolution skriver han:

"What evolution produces is not beautifully designed, harmonious, completed masterworks that will endure so long as we don't meddle with them. Instead, it produces cobbled-together, unstable works in progress, and then discards them." (Buchanan, 2011)

Det må siges at Buchanan har ret i dette. Ifølge evolutionsteorien ændrer organismer hele tiden deres form og de svage dyr klarer sig ikke, og ingen organismer er nogensinde perfekte da de hele tiden udvikler sig. (Loeschcke, 2017)

Hvis vi mener, at det er etisk forsvarligt at helbrede sygdomme, hvorfor så ikke ændre vores gener så disse sygdomme aldrig bliver en mulighed? Og hvis vi mener det er etisk forsvarligt at forbedre vores kroppe ved hjælp af træning og motion, hvorfor så ikke forbedre dem ved hjælp af genredigering?

Konklusion - Det er ikke etisk forsvarligt at bruge CRISPR-Cas9 til at ændre på kønsceller.

Dette argument er logisk gyldigt da præmisserne logisk set passer med konklusionen. For hvis naturen ved hvad den laver og resultaterne af den naturlige evolution er den retmæssige, så bør vi ikke blande os i naturen ved at bruge CRISPR-Cas9 på embryoner. Men præmisserne i dette argument er dog ikke sandfærdige, da evolution - som ikke er påvirket af mennesker - i mange tilfælde ikke fungerer optimalt (Buchanan, 2011). Desuden er der mangel på konsistens i præmis 1 da mennesker allerede påvirker evolutionen. (Peeples, 2009)

7.0 Konklusion

I dette kapitel besvarer vi vores problemformulering, ved at redegøre for vores konklusioner af analysen af teknologien og argumentationsanalysen.

CRISPR-Cas9 i brug som en molekylær "saks" er et fantastisk genetisk værktøj. Resultaterne der er frembragt med CRISPR er lig intet andet der før er set, og potentialet er højt for denne teknologi. Hvis der fortsat bliver forsket og optimeret på denne front, er det meget muligt at vi ender op med et mere og mere præcist redigeringsværktøj der kan ende med at være næsten fejlfrit. Dette ville lede til utallige muligheder for f.eks. sygdomsudryddelse, forbedrede sanser og sågar designerbabyer og "perfekte" mennesker. Fra et rent teknologisk synspunkt er denne teknologi revolutionær idet den tillader os at ændre i hidtil umulige egenskaber og være egen herre over den fremtidige evolution af menneskekroppen.

Der er mange meninger og argumenter om hvorvidt CRISPR-Cas9 vil være etisk forsvarligt at bruge på embryoner i en fremtid hvor dette kan gøres præcist nok til ikke skade barnet. Ved at analysere nogle af hovedargumenterne for og imod, har vi forsøgt

at skabe et overblik over de forskellige argumenters validitet, for på den måde at bidrage til diskussionen om CRISPR-Cas9 og dets brug på kønsceller.

Vi har fundet ud af, at der er mange ting der taler for brugen af CRISPR-Cas9 på embryoner. Rent økonomisk kommer prisen for at ændre gener med CRISPR-Cas9, sandsynligvis til at være meget lav hvis teknologien bliver ejet af staten, og ikke et privat firma. Dette vil betyde at genetiske uligheder, mellem velhavende og mindre velhavende personer grundet CRISPR-Cas9, sandsynligvis ikke kommer til at være en faktor. Andre valide argumenter som taler for brugen er, at CRISPR-Cas9 kan spille en central rolle for vores fremskridt og, at et utal af sygdomme og handicap kunne forebygges.

Der er dog også valide argumenter i vores analyse som taler imod brugen.

B.l.a. hvorvidt ulighed vil blive en faktor, hvis et firma får monopol på teknologien og prisen derfor bliver højere end nødvendig, og om CRISPR-Cas9's tilgængelighed i forskellige lande vil betyde at nogle lande - hvor teknologien er tilgængelig - får genetiske fordele. Desuden argumenteres der med valide argumenter imod brugen p.g.a. faren for et eugenisk samfund hvor handicappede mennesker ikke vil blive accepteret.

CRISPR-Cas9 har potentiale til at udrette fantastiske ting. Dog er der stadig mange uvisheder og mulige negative konsekvenser, så det er nødvendigt med mere information og konsekvensanalyse, før denne teknologi bliver taget i brug på embryoner. Vi mener hertil, at en vurdering af konsekvenser ved f.eks. privatisering af genterapi og et stort fokus på handicappede borgeres rettigheder skal være centralt i denne samlede overvejelse. CRISPR-Cas9 er i vores mening ikke etisk forsvarligt at anvende alment på embryoner, men når det kommer til anvendelse på somatiske celler der ikke vil have større indflydelse på kommende generationer uden deres samtykke, kan bruges med forbehold.

8.0 Perspektivering

I dette kapitel vil vi se på vores rapports emne, i et bredere perspektiv. Vi vil se hvordan vores emne står i relation til andre verdensproblemer, og om det er muligt at anvende teorien præsenteret tidligere til andre formål.

I denne rapport har der været fokus på CRISPR-Cas9 og de redigeringsmuligheder denne teknologi har åbnet op for i menneskekroppen, men CRISPR-teknologien har mange andre anvendelser. Vi har været midt i en SARS-CoV-19 pandemi under udarbejdelsen af denne rapport, hvilket har ledt til spekulationer om hvorvidt vores emne kunne udbredes til den nuværende situation. Denne tankegang har ledt til research der viser, at andre CRISPR anlæg kan bruges til en hurtigere bestemmelse af sygdomstilstande i kroppen. CRISPR-Cas12 har nogenlunde samme funktion som Cas9, idet den også kan genkende DNA sekvenser, klippe dem og fremprovokere en reparation herefter, men Cas12 er mere villig til at koble af et stykke DNA hvis den finder en fejl. Cas12 vil altså være mere som velcro, mens Cas9 er som superlim når de sætter sig fast på DNA, idet bindingerne mellem Cas12 sekvenserne er meget svagere end hos Cas9 (Strohkendl, I. et.al. 2018). Dette kombineret med, at Cas12 kan have RNA replikerende "reportermolekyler" med sig, gør den til en oplagt måde at både teste for levende coronavirus og antistoffer i kroppen. Når Cas12 proteinet finder SARS-CoV-19 -sekvensen vil den genkende den, klippe den ud af RNA-strengen (da vira har RNA arvemateriale i stedet for DNA) og begynde at replikere, hvilket gør det lettere at detektere den nu meget større mængde af Covid-19-specifik RNA (Jain, P. 2020). Dette sker selvfølgelig i et reagensglas el.lign., og ikke inde i menneskekroppen. Denne metode bliver udforsket grundigt og kan forhåbentligt lede til hurtige, præcise og billige test-kits til hjemmebrug, så det ikke er nødvendigt at forlade sit hjem for at blive testet for denne smitsomme sygdom. Forskere er allerede i gang med at få godkendt et kit der er brugervenligt, kan give svar på 90 minutter og som vil koste 1\$ - 2\$ (6,77-13,54 kr) pr styk så u-lande også vil have adgang til dem (Jain, P. 2020). Denne CRISPR-Cas12 teknologi lyder umiddelbart overlegen til dens tidligere Cas9, men det skal nævnes, at siden den er opdaget senere er der stadig meget vi ikke ved om den, og Cas9 er for

øjeblikket den mest pålidelige CRISPR-teknologi vi har adgang til, og som er godkendt til mindre brug i menneskekroppen (Jain, P. 2020).

9.0 Litteraturliste

Bertelsen, K. (2014) Faktalink *Fosterdiagnostik*. Lokaliseret d. 29. maj 2020 på:

<https://faktalink.dk/titelliste/fosterdiagnostik>

Biotechacademy.dk.(S.d.). *Genmodificering og DNA-dobbeltstrengsbrud*. Lokaliseret d. 23. marts 2020 på:

<https://www.biotechacademy.dk/undervisning/gymnasiale-projekter/crispr-Cas9/>

Buchanan, A. (2011) *Better than human the promise and perils of enhancing ourselves*. Oxford University Press.

Burgio, G. . (2020). *Kinas fejlslåede eksperiment viser, at vi ikke er klar til*

genmanipulation af menneskefostre. Forskerzonen. Lokaliseret d. 14. april 2020 på:

<https://videnskab.dk/krop-sundhed/kinas-fejlslaede-eksperiment-viser-at-vi-ikke-er-klar-til-genmanipulation-af>

clinicaltrials.gov. (2018). *A Safety and Efficacy Study Evaluating CTX001 in Subjects With Transfusion-Dependent β -Thalassemia*. Lokaliseret d. 22. april på:

<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03655678>

Collin, Sandøe & Stefansen, 1999 *Derfor - bogen om argumentation*

Committee on science, technology, and law policy and global affairs. (2015).

International Summit on Human Gene Editing - A Global Discussion. Lokaliseret d. 22.

april på: <https://www.nap.edu/read/21913/chapter/1>

Esteban Ortiz-Ospina & Max Roser (2016) - "Global Health". *OurWorldInData.org*.

lokaliseret den 1. juni på: 'https://ourworldindata.org/health-meta'

Etisk Råd (2010) Det Ethiske Råd 6. *Baggrundstekst: Forbedring af Mennesker*.

Lokaliseret d. 14. april 2020 på:

<https://www.etiskraad.dk/etiske-temaer/genteknologi/undervisning-til-gymnasieskolen/genteknologi/forbedring-af-mennesker>

Etisk Råd (2016) 4. *Etikinterview om gen-redigering*. Lokaliseret d. 29. maj 2020 på:
<https://www.etiskraad.dk/etiske-temaer/genteknologi/undervisning-til-gymnasieskolen/genteknologi/etikinterview-om-genredigering>

Etisk Råd (2017) *Sygdomsbehandling og designerbørn ved hjælp af genteknologi*. Lokaliseret d. 30. marts 2020 på:
<http://www.etiskraad.dk/etiske-temaer/genteknologi/undervisning-til-grundskolen/genteknologi/introduktion>

European Sperm Bank. Lokaliseret d. 29. maj på:
<https://www.europeanspermbank.com/da-dk/donorsaed/donorprofiler>

EVA (2018) *Gymnasiet er det naturlige valg for mange unge*. Lokaliseret d. 25. maj 2020 på: <https://www.eva.dk/ungdomsuddannelse/gymnasiet-er-naturlige-valg-unge>

F. Ann Ran, Jason, W. Vineera, A. David A. Scott, Feng, Z. (2013) *Genome engineering using the CRISPR-Cas9 system*. Lokaliseret d. 22. april på:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3969860/>

Gill, Chuck. (2016). *A CRISPR Mushroom*. *Ag Science Magazine*. Lokaliseret d. 14. april 2020 på:
<https://agsci.psu.edu/magazine/articles/2016/fall-winter/a-crispr-mushroom>

Glover, J. (2006) *CHOOSING CHILDREN Genes, Disability, and Design* CLARENDON PRESS - OXFORD

Hasselbalch, H. (2018). *Seglcelleanæmi*. Lokaliseret d. 6. april 2020 på:
<https://www.sundhed.dk/borger/patienthaandbogen/blod/sygdomme/anaemier/seglcelleanaemi/>

Hercher, L. (2018). *Designer babies aren't futuristic. They're already here*. Lokaliseret d. 29. Marts 2020 på:
<https://www.technologyreview.com/s/612258/are-we-designing-inequality-into-our-genes/>

Hoen, E. ' . (2019) Humiragate: AbbVie's desperate attempts to keep its monopoly: *Medicines law and policy*, 2019. Fundet d. 01/6/2020 på <https://medicineslawandpolicy.org/2019/03/humiragate-abbvies-desperate-attempts-to-keep-its-monopoly/>.

Hoffmann, T.. (2018). Videnskab.dk *Kinesiske forskere: Verdens første genredigerede babyer er født*. Lokaliseret d. 14. April 2020 på: <https://videnskab.dk/krop-sundhed/kinesiske-forskere-verdens-foerste-genredigerede-babyer-er-foedt>

Information.dk. (2017). *I Danmark sorterer man fostre med største selvfølgelighed*. Lokaliseret d. 22. maj 2020 på: https://www.information.dk/debat/2017/12/danmark-sorterer-fostre-stoerste-selvfoelgelighed?utm_medium=social&utm_campaign=btn&utm_source=facebook.com&utm_content=tp

Ishino Y., Shinagawa H., Makino K., Amemura M., Nakata A.. (1987) *Nucleotide sequence of the iap gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in Escherichia coli, and identification of the gene product*. Lokaliseret d. 17. april 2020 på: ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC213968/

Jain, P. (2020). *Why CRISPR could be the key to faster at-home coronavirus tests*. lokaliseret d 28. maj 2020 på: <https://www.fastcompany.com/90507421/why-crispr-could-be-the-key-to-faster-at-home-coronavirus-tests>

Journal of law and the biosciences. 2019. *CRISPR'd babies: human germline genome editing in the 'He Jiankui affair'*. Lokaliseret d. 12. april 2020 på: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6813942/>

Jørgensen, N. (2018). *Digital signatur. En eksemplarisk analyse af en teknologis indre mekanismer og processer*. Roskilde Universitet

Loeschcke, Volker . (2017) *Evolution: Den Store Danske*, 2017. lokaliseret d. 01/6/2020 på:

https://denstoredanske.lex.dk/evolution?utm_source=denstoredanske.dk&utm_medium=redirect&utm_campaign=DSDredirect.

Karthik, S. Sivaprakash, R. Gayathri, V. Hariharan, G. H. (2019). *The CRISPR/Cas9 System for Targeted Genome Engineering in Free-Living Fungi: Advances and Opportunities for Lichenized Fungi*. Lokaliseret d. 22. april på:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6375251/>

Krimsky, Sheldon (2019) The Moral Choices on CRISPR Babies, The American Journal of Bioethics. Lokaliseret d. 14 april 2020 på:

<https://sites.tufts.edu/sheldonkrimsky/files/2019/09/pub2019TheMoralChoices.pdf>

Marx, Karl (1870) Kapitalens produktionsprocess. København: Rhodos.

Max Roser og Esteban Ortiz-Ospina (2020) - "Global Education". *OurWorldInData.org*.

Lokaliseret d. 14. april 2020 på: <https://ourworldindata.org/global-education>

Miljø- og fødevareudvalget (2018) MOF Alm.del - Bilag 110. Lokaliseret d. 13. april 2020

på: <https://www.ft.dk/samling/20181/almDEL/MOF/bilag/110/1960187.pdf>

Nielsen, H. Kjems, J. (2017). *DNA*. Lokaliseret d. 28. marts 2020 på:

http://denstoredanske.dk/Natur_og_milj%C3%B8/Biokemi_og_molekyl%C3%A6rbiologi/Molekyl%C3%A6rbiologi/DNA

Oregon Health & Science University. (2020, 4. marts). *OHSU performs first-ever CRISPR gene editing within human body*. Lokaliseret d. 17. marts 2020 på:

<https://news.ohsu.edu/2020/03/04/ohsu-performs-first-ever-crispr-gene-editing-within-human-body>

Peeples, Lynne. (2009) "Did Lactose Tolerance First Evolve in Central, Rather Than Northern Europe?" *Scientific American*. Lokaliseret d. 20/05/2020 på

<https://www.scientificamerican.com/article/lactose-tolerance/>.

Roser, M. Appel, C. & Ritchie, H. (2020) - "*Human Height*". *OurWorldInData.org*.

Lokaliseret den 14. april 2020 på: <https://ourworldindata.org/human-height>

Ruud, J. Jan, D. A. van Embden. Wim, G. Leo, M. (2002). *Identification of genes that are associated with DNA repeats in prokaryotes*. Lokaliseret d. 22. april på:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2958.2002.02839.x>

Sample, Ian, 2019. *Chinese Scientist Who Genetically Edited Babies Gets 3 Years in Prison*. Lokaliseret d. 14. April 2020 på:
<https://www.theguardian.com/science/2019/mar/13/scientists-call-for-global-moratorium-on-crispr-gene-editing>

SFI - DET NATIONALE FORSKNINGSCENTER FOR VELFÆRD. (2016). *HANDICAP, BESKÆFTIGELSE OG UDDANNELSE I 2016*. Lokaliseret d. 23. maj 2020 på:
https://pure.vive.dk/ws/files/838372/1715_Handicap_besk_frtigelse_og_uddannelse_i_2016.pdf

Silver, Caleb. (2020). *The Top 20 Economies in the World*. Investopedia. Lokaliseret d. 14 april 2020 På: <https://www.investopedia.com/insights/worlds-top-economies/>

Socialstyrelsen.dk. (2019). *Handicap - et historisk overblik*. Lokaliseret d. 22. maj 2020 på:<https://socialstyrelsen.dk/handicap/udviklingshaemning/om-udviklingshaemning/et-historisk-blik>

Stan, J. J. Brouns. Matthijs, M. Jore. Magnus, L. Edze, R. Westra. Rik, J. H. Slijkhuis Ambrosius, P. L. Snijders. Mark, J. Dickman. Kira, S. Makarova. Eugene, V. Koonin. John van der Oost. (2008) *Small CRISPR RNAs Guide Antiviral Defense in Prokaryotes*. Lokaliseret d. 22. april på: <https://science.sciencemag.org/content/321/5891/960>

Strohkendl, I. Saifuddin, F. Rybarski, J. Finkelstein, I. Russel, R. (2018). *Kinetic Basis for DNA Target Specificity of CRISPR-Cas12a*. Lokaliseret d. 28. maj 2020 på:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S109727651830546X?via%3Dihub>

Sundhedsstyrelsen.dk. (2017). *Retningslinjer for fosterdiagnostik*. Lokaliseret d. 22. maj på:<https://www.sst.dk/-/media/Udgivelser/2017/Fosterdiagnostik/Retningslinjer-for>

-fosterdiagnostik.ashx?la=da&hash=1A0BDA641BF6D9624D3B6C2E2B2582548224CC45

Sundheds- og Ældreministeriet (2019, 31. August) Bekendtgørelse af lov om assisteret reproduktion i forbindelse med behandling, diagnostik og forskning m.v.. Lokaliseret d. 6. april 2020 på: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=210080>

Søbirk, T. (2016). Reflekteret ligevægt og den offentlige debat. I: Hansen, R. Midtgaard, S. *Metode i normativ politisk teori*. (s. 131-144). Samfundslitteratur.

The Scientist. (2014). *There's CRISPR in Your Yogurt*. Lokaliseret d. 12. april 2020 på: <https://www.the-scientist.com/notebook/theres-crispr-in-your-yogurt-36142>

Thiessen, M. A. (2018) Gene editing is here. It's an enormous threat.: *The Washington Post*, 2018. lokaliseret d. 01/6/2020 på https://www.washingtonpost.com/opinions/gene-editing-is-here-its-an-enormous-threat/2018/11/29/78190c96-f401-11e8-bc79-68604ed88993_story.html.

Trolle, D. (2018). *Reglerne for abort, abortloven*. Sundhed.dk. Lokaliseret d. 14. april 2020 på: <https://www.sundhed.dk/borger/patienthaandbogen/kvindesygdomme/sygdomme/abort/abortloven/>

United Nations. (2020). *My World 2015*. Lokaliseret d. 22. maj 2020 på: <http://data.myworld2015.org/>

Videnskab.dk. (2015. 31. august). *Sådan fungerer CRISPR*. Lokaliseret d. 6. april 2020 på: <https://videnskab.dk/teknologi/sadan-fungerer-crispr>

Wanyou, F. Yifan, D. Lisha, M. David, K. C. Cooper. Deshun, S. Zhiming, C. *The Potential of the Combination of CRISPR/Cas9 and Pluripotent Stem Cells to Provide Human Organs from Chimaeric Pigs*. (2015) Lokaliseret d. 22. april på: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4394547/>

Wee, Sui-Lee. (2019). *Chinese Scientist Who Genetically Edited Babies Gets 3 Years in Prison*. Lokaliseret d. 14 April 2020 på:

<https://www.nytimes.com/2019/12/30/business/china-scientist-genetic-baby-prison.html>

Weintraub K. 2019. *Despite Controversy, Human Studies of CRISPR Move Forward in the U.S.*. Lokaliseret d. 17. april 2020 på:

<https://www.scientificamerican.com/article/despite-controversy-human-studies-of-crispr-move-forward-in-the-u-s/>

whatisbiotechnology.org. 2020. *CRISPR-Cas9: Timeline of key events*. Lokaliseret d. 12. april 2020 på:

<https://www.whatisbiotechnology.org/index.php/timeline/science/CRISPR-Cas9>

Wikipedia. 2019. *Structure* (illustration). Lokaliseret d. 6. april 2020 på:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Structure>

Wilson, E. O. (2014). *The meaning of human existence*. W W Norton & Co.