

# Fra DNA til protein - lærerens tekst

AF SIDSEL SANGILD

Denne øvelse handler om proteinsyntese og proteiners foldning. Den giver mulighed for at danne nogle andre billeder af fænomenet, end man får ved at se på illustrationerne i en bog. Det giver også en forståelse af, at et protein ikke blot er en perlekæde af aminosyrer.

Proteinsyntesen kan godt være en stor mundfuld, derfor kan det være godt at have andre indgangsvinkler til stoffet.

Formålet med øvelsen er at få en dybere forståelse af proteinsyntesen, af hvad en punktmutation er og hvad den kan betyde. Derudover er formålet at give eleven en forståelse af proteiners struktur og et indblik

i, at proteiner kan folde sig selv - at de er selvorganiserende (nogle proteiner får dog hjælp af andre proteiner til at folde sig).

Ofte er elever meget interesserede i genetik og synes det er sjovt at arbejde med. Men stoffet er abstrakt og meget småt - derfor er man nødt til at arbejde med modeller.

Ideen i øvelsen er, at eleverne får udleveret en stump DNA. De skal så oversætte dette stykke DNA til protein via RNA. Undervejs kommer der en masse begreber i spil. Det er oplagt at indlede med at placere begivenhederne på et "kort". Dvs. hvor foregår det i cellen, hvor er DNA, hvor er ribosomerne osv. Kortet over cellen kan være god at have på tavlen hele tiden, så læreren hele tiden kan referere til det under de forskellige processer.

## FORSLAG TIL FORLØB AF ØVELSEN

Hver elev skal bruge arbejdsarket, en lang piberenser og nogle hamaperler i de angivne farver.

1. DNA kan ikke forlade cellekernen. Ribosomerne ligger ude i cellesaften. For at ribosomerne skal kunne lave protein ud fra DNA, skal DNA først oversættes til mRNA (messengerRNA/budbringerRNA) der kan bevæge sig ud af kernen. Oversæt DNAet på arbejdsarket til RNA. Brug baseparrings-

princippet.

Baseparringsprincippet er det helt enkle, at A sidder over for T og C overfor G i DNA. I RNA er T erstattet af U. Dvs. her sidder U overfor A. Hvis man fx skal oversætte DNA-tripletten "ACT" bliver det i mRNA: "UGA".

2. mRNA forlader nu kernen og binder sig til ribosomerne. Ribosomet oversætter mRNA til en aminosyrekæde. Skriv navnene på aminosyrerne på arbejdsarket. Skemaet "Den genetiske kode" kan måske synes uoverskueligt. Men det er i sin essens blot en liste over, hvilke tripletter i mRNA der svarer til hvilke aminosyrer. Så man skal blot finde den rigtige bogstavkombination, så kan man se aminosyrens navn ved siden af.

3. Byg nu din aminosyrekæde ved hjælp af en piberenser og perlerne. Hver aminosyre repræsenteres af en perle. Perlerne skal sidde med ensartet afstand langs piberenseren og så spredt som muligt. Brug skemaet som vejledning til, hvilke farver du skal bruge. Hver aminosyre har en farve, der angiver en vigtig egenskab ved aminosyren, fx om den er ladet eller polær.

Modellen med piberenser og perler repræsenterer den primære struktur af proteinet, som er rækkefølgen af aminosyrer. Proteiner bliver ikke ved med at være en ret og ordentlig perlekæde. De bøjer og folder sig i tredimensionale former.

4. Nu skal du bøje dit protein efter de følgende regler:

Gul: vandskyende (upolære) aminosyrer.

**Klassetrin:** 9. klasse, gymnasie

**Tid:** Hvis proteinsyntesen er velkendt for eleverne, tager selve øvelsen 1 lektion.

**Materialer:** Lange piberensere, hamaperler (1 rød, 1 blå, 5 grønne, 5 gule), print af arbejdsark (i farver og gerne i A3!). Der bør være flere perler end, der skal bruges. Dels så eleverne ikke kan regne det ud udfra, hvilke perler der er, og dels så det ikke er en katastrofe, hvis en perle falder på gulvet.

Det tager noget tid at pakke poser til alle elever, så det er oplagt at genbruge øvelsen. Lav en kasse, hvor der står proteinsyntese på, så kan den hives frem år efter år.

**Tværfaglighed:** Det kan være en rigtig god ide at samarbejde med fysik/kemi, så eleverne herfra har styr på polær/upolær, positiv/negativ ladning og måske også mere af den organiske kemi. ■



Piberensermodellen af et fiktivt protein. Øverst ses proteinet i sin funktionelle form, nederst ses det efter der er sket en mutation. Modellen er god til undervisning, fordi den er enkel, og det er let at se, når eleverne har lavet den rigtigt. Den har selvfølgelig også sine svagheder, som også bunder i dens enkelhed. Proteiner er normalt mellem 50 og flere tusind aminosyrer lange og der er langt flere forskellige strukturer og bindinger mellem aminosyrerne. Desuden kan man indvende, at den er lige lovligt 2-dimensional. Ved at bruge flere modeller - fx de tegninger eller animationer af proteinsyntesen, man finder i lærebøgerne - kan man måske undgå at modellen får dårlig indflydelse på forståelsen.

De skal være inderst i proteinet (fordi proteinet er i en vandig opløsning i cellen).

Grøn: Vandelskende (polære) aminosyrer, der skal være på ydersiden af proteinet.

Rød: Negativt ladede aminosyrer, der er tiltrukket af positivt ladede aminosyrer.

Blå: positivt ladede aminosyrer, der er tiltrukket af negativt ladede aminosyrer.

Fold proteinet ved at lave "knæk" på piberenseren ved hver aminosyre. Resultatet skulle gerne blive en 5-takket stjerne. Nogle elever vil måske komme frem til en anden form - så længe den følger reglerne er den ikke forkert, men viser blot svagheden ved modellen.

## 2. DEL AF ØVELSEN

Klassen deles i to halvdele. Den ene halvdel muterer på den ene måde og den anden del på den anden måde (se arbejdsarket, bemærk at en lille stjerne markerer det sted DNA er muteret). Igen folder de proteinet

som før. I det ene tilfælde gør det ingen forskel, at DNA er muteret, det bliver stadig den samme aminosyre og dermed den samme form. Det viser, at nogle mutationer er neutrale.

I det andet tilfælde betyder mutationen, at aminosyren cystein (cys) udskiftes med tryptofan (trp). Det betyder, at resultatet ikke bliver en fin 5-takket stjerneform, men en firetakket stjerne med noget krøllet på. Det ligner nærmest en lille hund!

Tal sammen om, at proteinets form har stor betydning for funktionen. Hvis nu den muterede del lige netop var den del, der



skulle holde fast på noget andet, kan det gøre en stor forskel.

Man kan dog ikke på forhånd sige, om det vil være en fordel eller en ulempe. Nogle mutationer er skadelige, andre er gode. Som et eksempel på en mutation, der giver fordel, kan bruges eksemplet med mælketolerance (se Kaskelot nr. 186 om Koen). Som eksempel på en skadelig mutation kan bruges cystisk fibrose og forskellige andre genetiske sygdomme. Som eksempel på en mutation, der er både-og, kan bruges sygdommen seglcelleanæmi hos folk, der lever i malariaområder.

De fleste mutationer på vigtige steder i proteinet er dog skadelige, det ser man ved, at sekvenser der koder for vigtige områder, er meget velbevarede - dvs. de har ikke forandret sig særlig meget over tid og er ofte bemærkelsesværdigt ens mellem arter. Mens sekvenser for mindre vigtige områder muterer langt mere. Det viser, at der foregår selektion mod mutationer i de vigtige områder.

## SVAR PÅ SPØRGSMÅLENE

Hvad er det der afgør, hvordan et protein folder sig? Det er egenskaber ved aminosyrene, der afgør foldningen. Det er ikke fx ribosomerne, der folder dem. De er *selvorganiserende* med et fint ord.

Mutation 1 betyder ikke noget for proteinet og dermed heller ikke noget for organismen. Mutation 2 betyder, at proteinet ændrer sig, og det vil ofte ikke være en fordel, men kan betyde at proteinet virker dårligere

eller slet ikke virker. I dette tilfælde virker det i hvert fald dårligere som julepynt. Afslut evt. øvelsen med at vise forskellige modeller af velkendte proteiner (hent fx en model af alkoholdehydrogenase på vores hjemmeside).

## ET SJOVT EKSEMPEL FRA HVERDAGEN

Denne øvelse viser kun nogle af de mulige bindinger, der kan opstå mellem aminosyrene - men der er mange flere. En af de lidt sjove er svovlbroer. De fleste kender den ubehagelige lugt af brændt hår. Det lugter af svovl. De proteiner, der udgør hår, er lange og ligger i bundter. Proteinetheder keratin og indeholder virkelig meget af aminosyren cystein, som indeholder svovlatomer. Der dannes svovlbroer ved, at to af aminosyren cystein binder sig til hinanden. De enkelte proteiner er hæftet sammen i bundter af en masse svovlbroer.

Det er faktisk dette man udnytter, når man laver permanente krøller i glat hår. Først ruller man håret op på curlere. Så hælder man en væske på, som bryder svovlbroerne i håret. Derefter hælder man en ny væske på som får svovlbroerne til at gendannes. De dannes på nye steder, nu hvor håret er rullet op. Svovlbroerne betyder, at krøllerne er permanente, dvs. de kan ikke lige skylles ud.

Der er også hydrogenbindinger mellem proteinerne, og de betyder også noget for hårets udseende. Hydrogenbindinger er svage, langt svagere end svovlbroer. Ved

## FORBEREDELSE AF ØVELSEN

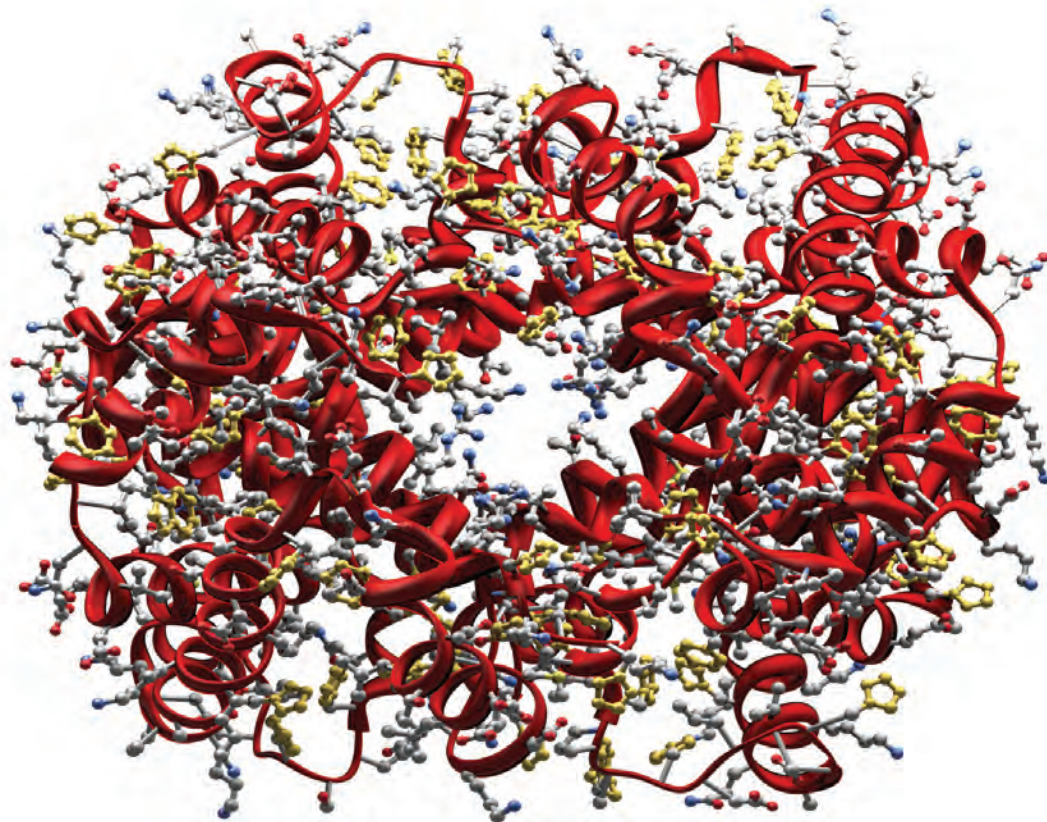
Eleverne læser tekst om DNA, RNA og proteinsyntese. Lad dem evt. træne baseparringsprincippet med simple øvelser, hvor forskellige stykker DNA oversættes til RNA. Overvej at træne i at bruge den gene-

simpelthen af opvarme håret med et krøllejern, kan håret få en anden form. Fugtigt vejr kan også løse hårproteinerne lidt ved at vandmolekyler binder sig til dem i stedet for, at de binder sig til hinanden. Man kender det måske fra, hvordan ens hår opfører sig underligt i fugtigt vejr. ■



De første permanente før udviklingen af permanentvæskerne blev udført med fantastiske apparater, som krøllede håret ved virkelig høje temperaturer. Læs om permanentens historie på engelsk wikipedia.





Model af hæmoglobin. Hæmoglobin er et protein, der transporterer ilten rundt i blodet. Hæmoglobin består af i alt fire aminosyrekæder. Der er to  $\alpha$ -kæder, hver med 141 aminosyrer, og to  $\beta$ -kæder, hver med 146 aminosyrer. Hver aminosyrekæde er bundet til en hæm-gruppe. En hæm-gruppe er et organisk molekyle, som indeholder jern.

tiske kode til at oversætte mRNA til protein. Dette bliver også trænet i denne øvelse, men det kan i nogle tilfælde være en fordel for motivationen, at der er en del af øvelsen, der fremstår nem, så ikke alt er nyt på en gang. Dog skal det nævnes at testklassen blev kastet direkte ud i øvelsen uden at have prøvet disse oversættelsesøvelser først. Men de er godt nok også nogle usædvanligt begavede elever.

### EVALUERING

Der foregår en evaluering undervejs via deres proteinmodeller.

### FORDYBELSE

Sæt eleverne til at lave en stopmotionfilm med proteinsyntese og/eller proteinfoldning (se Kaskelot nr. 178). Del evt. processen op og varier efter elevernes evner og tålmodig-

hed. Nogle laver fx oversættelse fra DNA til RNA, andre laver oversættelse fra RNA til aminosyrekæde og andre laver proteinfoldning. Filmen sættes sammen og uploades til skoletube/youtube. Alle bidrager til et fælles projekt.

Man kan illustrere, hvad denaturering er ved at folde den fine stjerne ud og evt sno den sammen med resten af klassens molekyler. Man kan tale om både reversibel og irreversibel denaturering. ■

### ERFARING MED ØVELSEN

Øvelsen blev testet i 9. klasse på Frederik Barfods skole på Frederiksberg. De synes, at det var en god øvelse, som både var sjov, og som de lærte noget af. De kunne rigtig godt lide at sidde med piberenserne fremfor kun at arbejde med papir og blyant. De havde et fint kendskab til celler, DNA og proteinsyntese i forvejen, men havde ikke prøvet at oversætte DNA til RNA og RNA til aminosyrer før. Øvelsen blev organiseret som tavleundervisning og individuelt arbejde - dog ikke mere individuelt end at eleverne diskuterede med hinanden og hjalp hinanden. Læreren og jeg gik rundt og hjalp dem undervejs.

Jeg indledte med klassesamtale om cellen og de organeller, der betyder noget under proteinsyntesen. Jeg genopfriskede DNA, RNA og baseparringsprincippet. Dels for at spore dem ind på dagens emne og for at få en fornemmelse af, hvad de vidste om emnet. ■



BIOLOGFORBUNDET

# Elevark

## - fra DNA til protein

### 1. del:


DNA	CTA-ACA-CGT-ATA-AAG-AGC-CGG-TTG-CCC-TGG-CAC-GTG
Oversæt DNA til mRNA.	
Oversæt mRNA til en aminosyrekæde ved hjælp af skemaet "Den genetiske kode".	
Opskriv aminosyrernes farver. Sæt perler på piberenseren ved at følge farvekoden. Fordel dem så der er den samme afstand mellem perlerne.	
Fold dit protein efter følgende regler og tegn proteinet her:  <b>Gul:</b> vandskyende (upolære) aminosyrer, der skal være inderst i proteinet  <b>Rød:</b> negativt ladede aminosyrer, der er tiltrukket af positivt ladede aminosyrer.  <b>Blå:</b> positivt ladede aminosyrer, der er tiltrukket af negativt ladede aminosyrer.  <b>Grøn:</b> vandelskende (polære) aminosyrer, der skal være på ydersiden af proteinet.	

### 2. del:


HOLD A. Dit DNA er muteret. Hvad sker der med proteinet? Brug skemaet og reglerne til at finde ud om mutationen har betydning for proteinet.	CTA-ACG*-CGT-ATA-AAG-AGC-CGG-TTG-CCC-TGG-CAC-GTG
HOLD B. Dit DNA er muteret. Hvad sker der med proteinet? Brug skemaet og reglerne til at finde ud om mutationen har betydning for proteinet.	CTA-ACC*-CGT-ATA-AAG-AGC-CGG-TTG-CCC-TGG-CAC-GTG

## Den genetiske kode - fra mRNA til aminosyre

	U		C		A		G		
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C
	UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	STOP	UGA	STOP	A
	UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	STOP	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C
	CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
	CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
	AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met/START	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
	GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
	GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G

 Upolær (vandskyende)

 Negativt ladet

 Polær (vandelskende)

 Positivt ladet

### Diskussionsspørgsmål

1.del:

Hvad er det der afgør, hvordan et protein folder sig?

2. del:

Hvad betyder mutation 1 for proteinet?

Hvad betyder mutation 2 for proteinet?

Proteinets form har betydning for dets funktion. Er mutation 2 god eller dårlig for proteinet?

# Proteiner

AF SIDSEL SANGILD

Proteiner er store **molekyler**. De findes i vores krop og i vores omgivelser.

Dit hår og dine negle består næsten udelukkende af protein. Det er nogle særligt lange proteiner, der ligger i bundter.

Du kender måske proteiner fra mad. På varedeklarationen står indholdet af **kulhydrat, protein og fedt**. De er **organiske molekyler**. Vores krop er bygget af organiske molekyler.

Vi tygger og fordøjer blandt andet proteiner. Nede i maven bliver proteinerne hakket i stykker. Stykkerne er nogle molekyler, som hedder **aminosyrer**. Proteiner består af

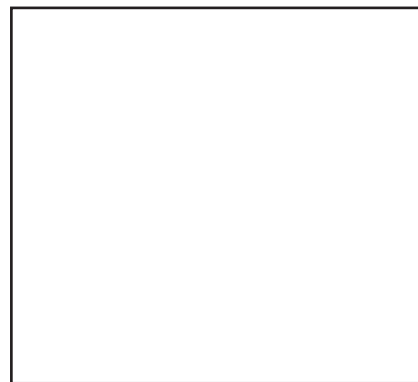
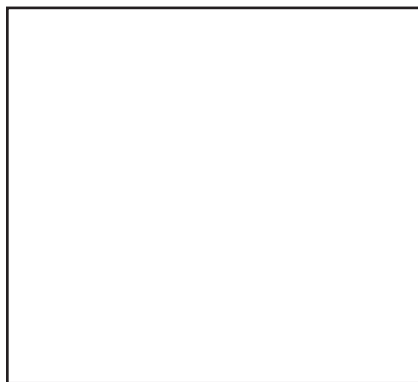
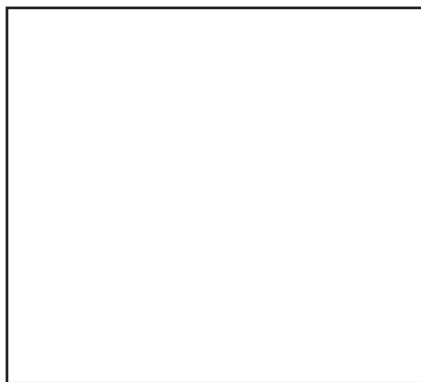
en masse aminosyrer. De er sat sammen i en kæde. Man kan forestille sig, at det ligner en perlekæde. Hver perle er en aminosyre, og hele perlekæden er proteinet.

Aminosyrerne er så små, at de kan komme igennem **cellerne** i tarmvæggen. Herfra kommer de over i blodet. Når man spiser protein, kommer der altså aminosyrer ud i blodet. Blodet løber rundt i hele kroppen og transporterer aminosyrerne med rundt. Cellerne i kroppen kan optage aminosyrerne og bruge dem til at bygge nye proteiner.

## NÅR DU HAR LÆST TEKSTEN:

Lav en tegneserie, der viser, hvad der sker med proteiner, når vi spiser dem.

Tal sammen om jeres tegneserier i grupper af fire. Lav en ny tegneserie sammen, som I fremlægger for klassen. ■



# undervisning |

**Mad:** Vi spiser proteiner. Der er mange proteiner i kød og æg.

**Hår:** Består mest af alt af protein.

**Negle:** Består mest af alt af protein.

**Antistoffer:** Proteiner, der beskytter kroppen mod sygdomme.

**Blodet:** Hæmoglobin er et protein, som kan transportere ilt. Det findes i de røde blodlegemer i blodet.

**Fordøjelsen:** I tarmen bliver madens proteiner skilt ad i små stykker. De små stykker er aminosyrer. De optages af tarmen. De enzymer, der nedbryder proteiner til aminosyrer, er selv proteiner.

**Muskler:** Vores muskler indeholder proteiner, der kan trække sig sammen. Bøffer er muskler fra andre dyr, og når vi spiser dem, får vi masser af aminosyrer, som vi kan bygge vores egne proteiner af.

**Byggesten:** Aminosyrer transporteres med blodet rundt i hele kroppen. Alle celler i kroppen bygger proteiner af aminosyrerne. Proteiner bruges alle vegne.



## Proteintegneserier

Søren Meinert, der er biologilærer på Bjergmarkskolen, har indsamlet de følgende tegneserier fra elever i henholdvist 7., 8. og 9. klasse. Det mest væsentlige for, om opgaven blev opfattet som svær eller nem, var hvor lang tid det var siden eleverne havde arbejdet med noget, de kunne koble det til. Tegningerne kan afsløre en masse om elevernes forståelse af proteiner og fordøjelse og er oplagte at bruge som evaluering.

