

FAGCURRICULUM KEMI

Fagcurriculum for faget kemi
for 11. til 13. årgang på A. P. Møller Skolen

Version September 2025

Faggruppens medlemmer i skoleåret 2024-2025:

Lektor Birgit Caesar-Geertz, lektor Sören Jerk Schröder,
lektor Sven Heller, lektor Dr. rer. nat. Svend Duggen

Fagsekretær i skoleåret 2023-2024: Svend Duggen



Kilde: www.forskning.dk

1. FORORD

Med skoleåret 2016/2017 trådte de nye Fachanforderungen Chemie i kraft (Ministerium für Schule und Berufsbildung i Slesvig-Holsten, Stand 18.02.2016). Disse blev opdateret i 2021 og træder i kraft med skoleåret 2022/2023 (<https://fachportal.lernnetz.de/sh.html>). I tillæg kom der med starten af skoleåret 2021/2022 en gymnasireform med den nye Landesverordnung über die Gestaltung der Oberstufe und der Abiturprüfung in den Gymnasien und Gemeinschaftsschulen (OAPVO).

De nye Fachanforderungen (faglige krav) indeholder en ny læreplan for de almen dannende skoler for Sekundarstufe I - gymnasium og Sekundarstufe II (G11-G13). Den nye læreplan blev implementeret trinvist.

Med den nye OAPVO undervises kemi på grundniveau som 3-timers fag (tidligere 2-timers fag). Faget kemi er også profilstøttende fag for profilfagene fysik og kan være profilstøttende for profilfaget idræt.

Som del af de nye faglige krav skriver faggrupperne et såkaldt skoleinternt fagcurriculum. I dette nedskrives faggruppens/faggruppernes aftaler om undervisningens indhold indenfor læreplanens rammer og hvilke kompetencer eleverne bør have opnået efter respektive undervisningsforløb og årgange. Fagcurriculum for kemi i gymnasiet tydeliggør desuden samarbejdet med andre fag, især de naturvidenskabelige fag.

Fagcurriculum er genstand for løbende evaluering og optimering. Denne sker i fb. med den daglige dialog mellem underviserne på A. P. Møller Skolen og ved de jævnlige faggruppemøder. Med dette dokument fremlægges det aktuelle fagcurriculum for faggruppen kemi for gymnasieoverbygningen (dvs. 11. til 13. årgang) på A. P. Møller Skolen.

2. INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord

Indholdsfortegnelse

Kemiens bidrag til almindannelsen

Kompetencer og kemiens basiskoncepter

Kompetenceområde "Udvinding af erkendelser"

Kompetenceområde "Kommunikation"

Kompetenceområde "Vurdering"

Faglige kompetencer tilordnet kemiens tre basiskoncepter i gymnasieoverbygningen

De kemiske stoffers og deres partiklers opbygning og egenskaber

De kemiske reaktioners koncept

Energi-koncept

Faggruppens/faggruppernes aftaler om:

Undervisning

Fagsprog

Fremme og udfordre

Sikring af basisviden, bæredygtighed

Medie-, undervisnings- og læremateriale

Bedømmelseskriterier

Evaluerings og videreudvikling

3. KEMIENS BIDRAG TIL ALMENDANNELSEN

Vores materielle verden er sat sammen af kemiske byggesten. Vores hverdag kan ikke mere tænkes uden kemisk-teknisk udvikling som fx moderne energioplagering og halvledere i touchscreens. Måltrettet design af moderne lægemidler og den optimerede kemiske sammensætning af vaske- og rensningsmidler genspejler ligeledes den kemiske forsknings betydning for vores hverdag.

Derfor kræver forståelsen af vores moderne hverdag kendskab til kemiske stoffer, deres egenskaber og reaktioner. Men også anvendelsen og farligheden af giftige stoffer hører til det nødvendige kendskab der formidles i kemi-undervisningen. Dette indebærer også indsigt i den kemiske forskning; i grundlagene såvel som i anvendelsesorienteret forskning.

Desuden har kemi-undervisningen fået mere betydning gennem de voksende farer for vores levesteder og miljøet. Eleverne skal derfor kvalificeres til en ansvarlig udformning af deres liv og samfundet og skal kunne vurdere kemiens betydning for deres eget liv og rækkevidden af kemiske erkendelser for mennesket.

Nutidens kemi-undervisning skal således mere end før opbygge et solidt fagligt, kemisk-naturvidenskabeligt fundament og kemisk almen dannelse, der gør det muligt for vores elever at forstå de følsomme ligevægte af naturlige og tekniske stofkredsløb og miljøproblemer. Undervisningens emner knyttes til elevernes hverdagserfaringer. Udgående herfra formuleres spørgsmål, der bearbejdes med en kemisk indgangsvinkel.

Kemi-undervisningens betydning er dog ikke kun begrundet i hverdagsrelevans, men også i mangfoldige muligheder for at opnå ny erkendelse, erhvervsmæssig orientering og fremlæggelsen af samvirket mellem videnskab, kultur og samfundet.

Den konceptionelle udformning muliggør at lægge vægt på forskellige målsætninger, der løbende skal tilgodeses i en moderne kemi-undervisning:

- Fokus "anvendelse af viden og relevans": Kontekstbaseret læring
- Fokus "naturvidenskabelige tænkemåder og arbejdsformer": Forskende læring
- Fokus "kemiens udvikling som videnskab og del af samfundet": Historisk-problemorienteret læring.

Derudover skal kemi-undervisningen sætte eleverne i stand til at reflektere over følgerne af deres handling i hverdagen, for at muliggøre bæredygtig handling og at kunne træffe begrundede beslutninger.

4. KOMPETENCER OG KEMIENS BASISKONCEPTER

Kemi-undervisningens opgave er at fremme elevernes udvikling af kompetencer. Kompetenceorienteret læring forstås som en aktiv proces, hvor eleverne integrerer nyt i eksisterende kognitive strukturer. Det er altså ikke lærerens rolle at overføre viden til eleverne, men at stille rammebetingelser til rådighed, der muliggør læring med konstruktion af viden og løbende stimulering af udvikling af kompetencerne.

Kemi-undervisningen skal gennem beskæftigelse med kemiske spørgsmål og problemstillinger bidrage til at eleverne udvikler et fundament af viden og færdigheder og i stigende grad er i stand til at bearbejde faglige indhold og kan se deres betydning for hverdagen.

Fachanforderungen for faget kemi definerer meget konkret, hvad eleverne skal kunne i Sekundarstufe 1 i gymnasiet (før G11) og Sekundarstufe 2 (G11 til G13). Dette er på den ene side procesrelaterede kompetencer indenfor områderne "Udvinding af erkendelser (Erkenntnisgewinn)", "Kommunikation", "Vurdering (Bewertung)" der er meget sammenlignelig for både Sekundarstufe 1 i gymnasiet og Sekundarstufe 2 (G11 til G13) og derfor må kunne lægges til grunde i fællesskolens F7-F10.

Derudover tydeliggør Fachanforderungen et spektrum af faglige kompetencer, der tilordnes basiskoncepterne. Fachanforderungen for Sekundarstufe 2 er fra 2016 gældende for den gymnasiale overbygning G11-G13. Til fællesskolen blev der udarbejdet nye læreplaner i naturfagene, herunder faget kemi. Grundet forskel i antal timer i faget kemi og ønsker om at tage højde for danske læreplaner, fraviger fællesskolens læreplaner for F7 til F10 nødvendigvis dem i Fachanforderungen for gymnasiesporet i G5 til G10, Sekundarstufe 1 gymnasiet. Men samtidig defineres i Fachanforderungen for Sekundarstufe 2, hvilke kompetencer eleverne skal have med i starten af 11. årgang (uanset om de er gået på gymnasiet eller fællesskole (Gemeinschaftsschule) op til 10. klasse).

Ifølge Fachanforderungen tilsigtes med undervisningen op til G11 en succesfuld overgang til gymnasieoverbygningen. Underviserne i gymnasiet er dog bundet af de obligatoriske indhold for G11 i Fachanforderungen. Ydermere pålægger Fachanforderungen undervisningen i gymnasiet at bestemte indhold i G11 skal behandles omfattende, hvis de ikke blev læst til slutningen af 10. årgang. Dvs. hvis bestemte ikke indhold ikke blev læst i F7 til F10, så medfører dette et øget fagligt pres på eleverne i G11.

Det anbefales derfor at de fremtidige læreplaner for fællesskolen så som meget som muligt tilnærmes kravene i Sekundarstufe 1 i Fachanforderungen, dog med særlig fokus på kernekompetencerne, der forudsættes i starten af G11. Som bidrag til samarbejdet mellem faggrupperne og til alle pårørendes orientering indgår disse kernekompetencer i dette fagcurriculum. Faggrupperne bør – til elevernes fordel – løbende i konstruktiv dialog arbejde på at overgangen fra F10 til G11 ikke kommer til at indebære et for voldsomt fagligt spring.

Kompetencerne indenfor de forskellige kompetenceområder for gymnasieoverbygningen (Sek II) er direkte oversat fra Fachanforderungen og formuleres som jeg-kan-formuleringer med mulighed for evaluering (trafiklys-afkrydsningssystem). På denne måde kan forventningerne løbende bevidstgøres i undervisningen og både lærerne og eleverne kan bruge listerne til evaluering hhv. selvevaluering i gymnasieuddannelsen. Eleverne kan beholde listen til senere afkrydsning, hvilket synliggør progressionen for dem selv, forældrene og læreren (aspekt for synlig læring).

Kompetencefelterne beskriver elevernes færdigheder til handling i situationer, hvor anvendelse af naturvidenskabelige tænke- og arbejdsmåder bliver nødvendige.

KOMPETENCEOMRÅDE "FAGKOMPETENCE"

Elevens fagkompetence (Sachkompetenz) viser sig i kendskabet til naturvidenskabelige koncepter, teorier og fremgangsmåder/metoder. Den indeholder færdighederne at kunne beskrive og forklare disse såvel som at udvælge og udnytte dem, der er egnede, og at kunne forarbejde sagforhold fag- og hverdagsrelateret. Fokus for dette kompetencefelt er den modelbaserede tydning af iagttagede fænomener på partikelniveau (mikroniveau). Derved skelnes der mellem fire delområder, der delvis overlapper hinanden:

- Benytte **kemiens basiskoncepter** og tilknyttede teorier til klassificering, strukturering, systematisering og tolkning.
- Udvælge og sammenflette **kemiens basiskoncepter** og tilknyttede teorier.
- Forklare kemiske sammenhænge kvalitativ-modelbaseret vha. **kemiens basiskoncepter**.
- Beskrive kemiske sammenhænge kvantitativ-matematisk vha. **kemiens basiskoncepter**.

☐☐☐ Fyld ud med kryds 1 ved første evaluering og med et andet symbol ved senere evaluering: Rød – kan jeg ikke endnu / har jeg ikke forstået endnu, orange – kan jeg delvis / halvt forstået, grøn – kan jeg / har jeg forstået.

	Eleven kan ... / Jeg kan ...
Benytte kemiens basiskoncepter og tilknyttede teorier til klassificering, strukturering, systematisering og tolkning	• Beskrive, begrunde og anvende ordningsprincipper for kemiske stoffer ☐☐☐ • Begrundet forudsige kemiske stoffers egenskaber på basis af kemiske strukturer og regelmæssigheder ☐☐☐ • Interpretare fænomener ved omdannelse af kemiske stoffer og energi ☐☐☐ • Bestemme reaktionstyper ☐☐☐ • Beskrive stofkredsløb i naturen og teknikken som systemer for kemiske reaktioner ☐☐☐
Udvælge og sammenflette kemiens basiskoncepter og tilknyttede teorier	• konsekvent skelne mellem stof- og partikelniveau (makro- og mikroniveau) ☐☐☐ • beskrive og anvende kemiske reaktioners reversibilitet, den dynamiske ligevægt, og donator-acceptor-princippet ☐☐☐ • beskrive påvirkningsfaktorerne for kemiske reaktioner ☐☐☐ • beskrive mulighederne for styring ved variation af reaktionsbetingelserne såsom ved indsats af katalysatorer ☐☐☐ • forklare forskellige reaktiviteter og forløb for reaktioner ☐☐☐ • benytte de basiskoncepterne til at kombinere sagforhold i kemien ☐☐☐ • benytte basiskoncepterne til at kombinere kemiske sagforhold med andre undervisningsfags indhold ☐☐☐
Forklare kemiske sammenhænge kvalitativ-modelbaseret vha. kemiens basiskoncepter	• forklare de kemiske stoffers mangfoldighed og deres egenskaber på basis af forskellige kombinationer og ordning af partikler ☐☐☐ • tyde omdannelse af kemiske stoffer og energi med hensyn til partiklers forandring og ombygning af kemiske bindinger ☐☐☐ • benytte modeller for kemiske bindinger og intermolekylær vekselvirkning ☐☐☐ • beskrive udvalgte reaktionsmekanismer ☐☐☐ • vha. modeller skelne mellem den statiske tilstand på stof-niveau (makroniveau) og den dynamiske tilstand på partikelniveau (mikroniveau) ☐☐☐
Beskrive kemiske sammenhænge kvantitativ-matematisk vha. kemiens basiskoncepter	• udvikle reaktionsskemaer ☐☐☐ • anvende kendte matematiske fremgangsmåder/metoder og kemiske sagforhold ☐☐☐

KOMPETENCEOMRÅDE "UDVINDING AF ERKENDELSE"

☐☐☐ Fyld ud med kryds 1 ved første evaluering og med et andet symbol ved senere evaluering: Rød – kan jeg ikke endnu / har jeg ikke forstået endnu, orange – kan jeg delvis / halvt forstået, grøn – kan jeg / har jeg forstået.

	Eleven kan ... / Jeg kan ...
Udvikle spørgsmål	- formulere problemrelaterede spørgsmål på baggrund af min viden ☐☐☐ - for en problemstilling formulere spørgsmål, der fører til en handling eller en erkendelse ☐☐☐ - ud fra vundne erkendelser udvikle nye spørgsmål ☐☐☐
Formulere hypoteser	- formulere en hypotese til et givet spørgsmål ☐☐☐ - formulere hypoteser og modhypoteser ☐☐☐
Udvikle og anvende undersøgelses-designs	- opbyggende på en hypotese planlægge et undersøgelsesdesign ☐☐☐ - udvælge undersøgelsesmetoder, der passer til hypotesen og som kan levere resultater, der kan tolkes ☐☐☐ - ved behov gennemføre kontrolforsøg ☐☐☐ - bruge måleapparater til en forsøgsopstilling korrekt og foretage målinger ved at tage højde for sikkerhed ☐☐☐ - lave forsøgsbeskrivelser og opbygge forsøg ☐☐☐ - gennemføre målinger ☐☐☐ - bortskafe kemisk affald efter reglerne ☐☐☐
Foretage og dokumentere dataopsamling og databehandling	- udvinde data i fb. med en undersøgelse og protokollere disse ☐☐☐ - skelne mellem behandlede data (iagttagelser) og tolkning ☐☐☐ - indføre vundne data i datatabeller, grafer eller diagrammer ☐☐☐ - bruge matematiske metoder til databehandling og erkendelse af trends ☐☐☐ - bruge love, regelmæssigheder og teorier til at forklare fænomener ☐☐☐ - bruge vundne data til kritisk at efterprøve undersøgelsesdesignet ☐☐☐ - inddrage fejkilder til at vurdere nøjagtigheden af en undersøgelse ☐☐☐
Anvende modeller	- forklare eksperimentelle resultater vha. givne modeller ☐☐☐ - udvælge og anvende passende modeller til et spørgsmål ☐☐☐ - indordne og forklare funktionen af en model i fb. med et spørgsmål ☐☐☐ - gøre rede for at modeller udvikles af mennesker til at beskrive fænomener på submikroskopisk niveau ☐☐☐ - gøre rede for at modeller kun kan gengive bestemte egenskaber af originalen og derved simplificerer dennes kompleksitet ☐☐☐ - skelne mellem betragtnings- og tankemodeller ☐☐☐ - erkende grænserne for en model i forhold til spørgsmålet/problemstillingen og tilpasse modellen ☐☐☐ - selv udvikle modeller til at anskueliggøre et fænomen og finde en forklaring ☐☐☐
Karakterisere og reflektere over kendetegn for videnskabelige udsagn og metoder	- reflektere over resultater for egne processer for udvinding af erkendelser og evt. optimere ☐☐☐ - givetvis udlede videreførende spørgsmål ☐☐☐ - reflektere over mulighederne og grænserne for den konkrete erkendelsesproces såvel erkendelser (fx reproducerbarhed, falsificerbarhed, intersubjektivitet, logisk konsekvens, foreløbighed).

KOMPETENCEOMRÅDE "KOMMUNIKATION"

☐☐☐ Fyld ud med kryds 1 ved første evaluering og med et andet symbol ved senere evaluering: Rød – kan jeg ikke endnu / har jeg ikke forstået endnu, orange – kan jeg delvis / halvt forstået, grøn – kan jeg / har jeg forstået.

	Eleven kan ... / Jeg kan ...
Udvælge informationer	• målrettet researche i analoge og digitale medier og finde passende kilder ☐☐☐ • udvælge relevante og meningsfulde informationer og data til kemiske sagforhold og anvendelsesrelaterede problemstillinger, også fra kilder med forskellige og endda komplekse fremstillingsformer ☐☐☐ • kontrollere overensstemmelsen af forskellige kilder og fremstillingsformer, også med henblik på deres udsagn ☐☐☐ • kontrollere kilders og mediers kvalitet og troværdighed (fx vha. deres oprindelse) ☐☐☐ • kontrollere informationers brugbarhed og fuldstændighed ☐☐☐
Bearbejde informationer	• målrettet i fht. sagforhold, adressat og situation at vælge egnede sagforhold og informationer ☐☐☐ • skelne mellem hverdagssprog og fagsprog ☐☐☐ • bringe informationer i egnet struktur og præsentrationsform ☐☐☐ • benytte egnede præsentrationsformer for kemiske sagforhold og overføre disse til hinanden ☐☐☐ • strukturere og interpretare udvalgte informationer og udlede konklusioner ☐☐☐
Udveksle informationer og diskutere videnskabeligt / præsentere resultater	• sag- og adressatrettet formidle væsentlige informationer i passende fagsprog / anvende fagbegreber og fagsprog korrekt ☐☐☐ • forklare sagforhold og argumentere fagligt indlysende ☐☐☐ • målrettet i fht. sagforhold, adressat og situation præsentere kemiske sagforhold såsom lærings- og arbejdsresultater vha. egnede analoge og digitale medier ☐☐☐ • kontrollere forfatterskab, fremlægge brugte kilder og kendetegne citater ☐☐☐ • konstruktivt udveksle kemiske sagforhold med andre, stå inde for eget standpunkt, reflektere og givetvis korrigere ☐☐☐ • planlægge og organisere udstillinger ☐☐☐ • præsentere opsamlede data i datatabeller, grafer og diagrammer ☐☐☐ • benytte matematiske fremgangsmåder til databehandling og til visning af trends ☐☐☐
Argumentere	• indsamle og ordne argumenter ☐☐☐ • udvælge passende argumenter ☐☐☐ • udvikle egne argumenter ☐☐☐ • strukturere en argumentationsproces ☐☐☐ • vurdere argumenters kvalitet ☐☐☐ • i en diskussion om en naturvidenskabelig problemstilling komme ind på andres argumenter og indordne disse ☐☐☐
Korrekt brug af fag- og symbolsprog	• på passende vis i en situation beskrive naturvidenskabelige fænomener i uddannelsessproget og fagsproget ☐☐☐ • bruge fagsproget på et passende niveau ☐☐☐ • bruge symboler, diagrammer, formler og reaktionsskemaer til fremstilling af sammenhænge og processer ☐☐☐

KOMPETENCEOMRÅDE "VURDERING" (BEWERTUNG)

☐☐☐ Fyld ud med kryds 1 ved første evaluering og med et andet symbol ved senere evaluering: Rød – kan jeg ikke endnu / har jeg ikke forstået endnu, orange – kan jeg delvis / halvt forstået, grøn – kan jeg / har jeg forstået.

	Eleven kan ... / Jeg kan ...
Formulere og anvende vurderings-kriterier	- nævne problem- og beslutningsområder, hvor kemien er relevant personligt og samfundsmæssigt ☐☐☐ - nævne relevante fakta for problem- og beslutningsområder ☐☐☐ - udlede og formulere vurderingskriterier til et problem- og beslutningsområde ☐☐☐ - skelne mellem værdier, normer, iagttagelser og fakta ☐☐☐ - bruge naturvidenskabeligt kendskab til opvejning af kriterier og inddrage disse til at vurdere problem- og beslutningssituationer ☐☐☐
Vurdere sagforhold og informationer multiperspektivisk	- ud fra forskellige perspektiver betragte udsagn, modeller og fremgangsmåder/metoder og vurdere disse fagligt på basis af kendskab til kemien ☐☐☐ - vurdere indhold for anvendte kilder og medier (fx på grundlag af faglig korrekthed og troværdighed) ☐☐☐ - vurdere informationer og data med henblik på rimelighed, grænser og rækkevidde ☐☐☐ - analysere og vurdere valgte kilder og præsentationsformer i sammenhæng med forfatternes intention ☐☐☐
Kriteriebaseret danne en mening og træffe beslutninger	- sammenligne handlingsoptioner og motiver, der ligger til grunde herfor ☐☐☐ - med fagligt grundlag i egne vurderingskriterier udlede og afveje handlingsoptioner i samfunds- og hverdagsrelevante beslutningssituationer ☐☐☐ - fagligt vurdere og chancer og risici ved udvalgte teknologier, produkter og adfærdsmønstre ☐☐☐ - i hverdagssituationer vha. faglige kriterier tage begrundede beslutninger ☐☐☐ - vurdere muligheder og grænser for kemiske synsvinkler ☐☐☐ - vurdere den samfundsmæssige relevans og miljømæssige betydning for den anvendte kemi ☐☐☐ - vurdere grundlæggende aspekter vedr. farer og sikkerhed i laboratoriet og i hverdagen og derudfra udlede handlingsoptioner ☐☐☐
Reflektere over beslutningsprocesser og følger på grundlag af forskellige positioner	- udlede kort- og langvarige følger for min egen og andres handling ☐☐☐ - efterprøve, om der på passende vis blev taget højde for alle vurderingskriterier, handlingsoptioner og deres følger ☐☐☐ - skelne mellem problemsituationer der kan løses og problemsituationer, hvor ingen af handlingsoptionerne fører til en løsning af problemet (dilemma) ☐☐☐ - kan reflektere over egne og andre personers eller persongrupperes beslutningsprocesser ☐☐☐ - vurdere påvirkningen af kemiske produkter, materialer, metoder og erkendelser i historiske og aktuelle samfundsmæssige sammenhænge ☐☐☐ - vurdere påvirkningen af kemiske produkter, materialer, metoder og erkendelser såsom egen handling med henblik på bæredygtig udvikling i miljømæssigt, økonomisk og socialt perspektiv ☐☐☐ - ud fra kemisk synsvinkel reflektere over kriterier og strategier for beslutninger ☐☐☐

FAGLIGE KOMPETENCER TILORDNET KEMIENS BASISKONCEPTER

Elevernes naturvidenskabelige kompetencer mht. håndtering af kemisk fagviden er relateret til kemiens basiskoncepter og de tilknyttede forestillinger. Eleverne skal på basis af deres viden forstå det naturlige hhv. menneskeskabte miljø såsom forklare og videreudvikle sammenhænge. Det er ikke afspoling af viden, der står i fokus, men i stedet den aktive håndtering af faglig viden til at løse samfundsmæssige udfordringer og fagrelaterede problemer.

Med starten af skoleåret 2022-2023 anvendes der i gymnasieoverbygningen (G11-G13) kun tre basiskoncepter:

- Basiskoncept **Kemiske stoffers og deres partiklers opbygning og egenskaber**

Dette basiskoncept sammenfatter stof-partikel-konceptet og struktur-egenskabskonceptet. Det uddyber atom-, bindings- og strukturmodeller, fx for mere nøjagtig at kunne interpretare og udlede struktur-egenskabs-relationer af funktionelle materialer.

- Basiskoncept **Kemiske reaktioner**

Dette basiskoncept omfatter donator-acceptor-princippet uddybende kvalitativt og kvantitativt-matematisk. Det muliggør mere nøjagtige udsagn om kemiske reaktioners forløb på grundlag af betragtninger af reaktionshastighed og kemiske ligevægte.

- Basiskoncept **Energi**

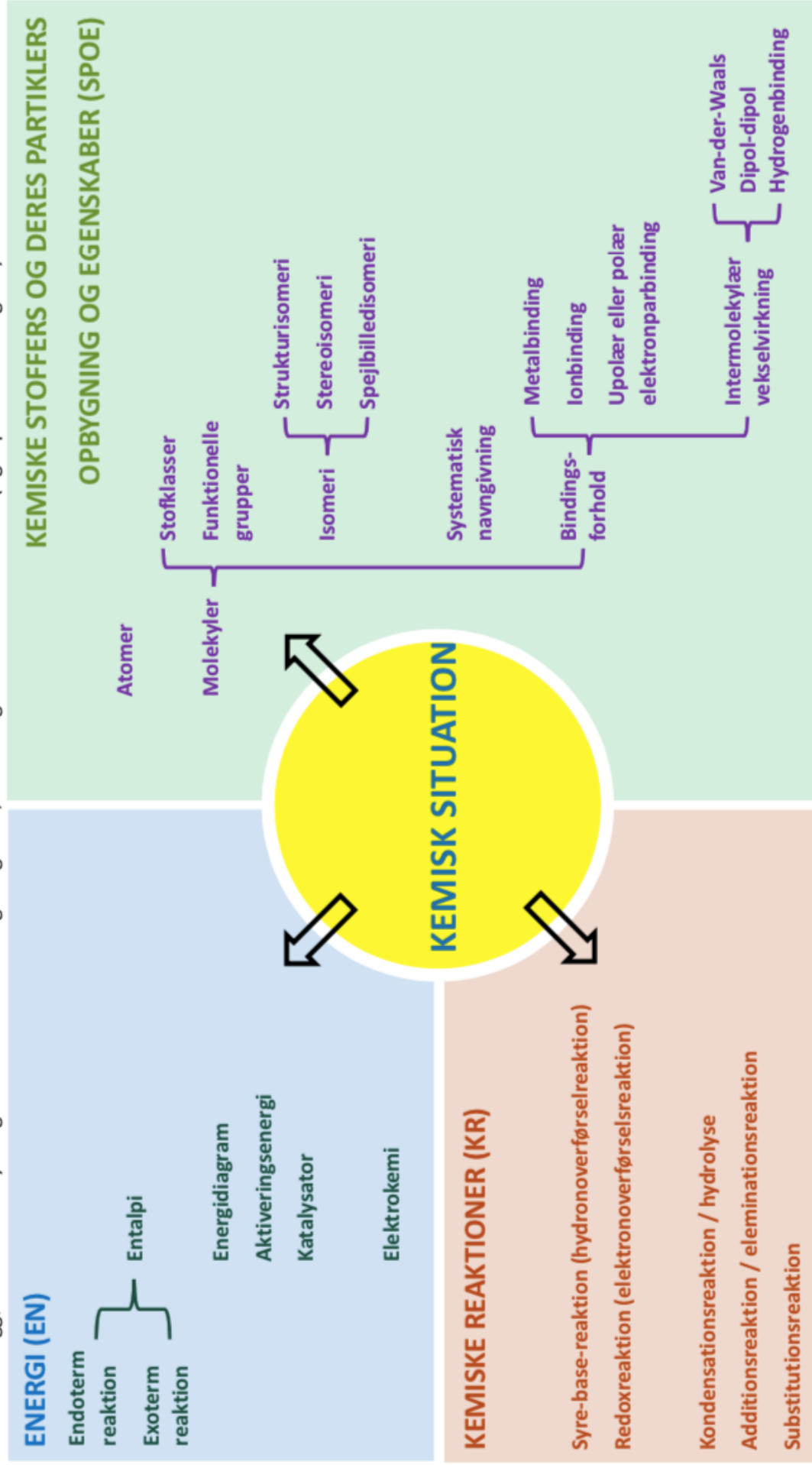
Dette basiskoncept omfatter drivkræfterne for kemiske reaktioner og stiller instrumenter for kvantitative energetiske vurderinger til rådighed, fx i konteksten mobilitet og kemisk energiomdannelse.

I løbet af gymnasieuddannelsen bliver basiskoncepterne tilbagevendende i forskellige sammenhænge taget op, tematiseret og uddifferenceret. De danner derved de overordnede strukturer ved opbygning af et mangfoldigt sammenknyttet videns-netværk.

I efterfølgende sammenfattes forventningerne til elevernes kompetencer ifølge Fachanforderungen for Sekundarstufe 2, dvs. gymnasieoverbygningen. Her indgår også forventningerne til elevernes kompetencer lige i starten af G11 (og dermed slutningen af 10. årgang).

For G11 til G13 skelnes mellem faglige indhold på grundniveau og højniveau. De sort skrevne indhold er obligatoriske for både grundniveau og højniveau, indholdet i den grå markerede tekst er kun obligatorisk for højniveauet. For grundhold med tre ugentlige timer og god læringsprogression kan aspekter fra højniveau inddrages. Hele højniveau-området kan kun nås med kemi som profilfag, som pt. ikke tilbydes på A. P. Møller Skolen.

KEMIENS BASISKONCEPTER udgør en **overordnet struktur**, der skal muliggøre sammenknytning af naturvidenskabelige begreber, teorier og forklarende modeller (også på tværs af fagene).



BASISKONCEPTET "KEMISKE STOFFERS OG DERES PARTIKLERS OPBYGNING OG EGENSKABER"

Partiklernes typen, deres relative placering og vekselvirkning bestemmer et kemisk stofs struktur og egenskaber. Stor betydning har betragtningerne på stofniveau (makroniveau) og partikelniveau (mikroniveau). Indenfor dette basiskoncept behandles kemiske bindinger, kemiske forbindelser med funktionelle grupper, strukturen af udvalgte organiske og uorganiske stoffer såsom natur- og kunststoffer. Derved fremhæves også sammenhængen mellem kemiske stoffers egenskaber og deres anvendelser. Dette basiskoncept sammenfatter stof-partikel-konceptet og struktur-egenskab-konceptet, der tidligere blev behandlet som separate basiskoncepter.

Forventede kernekompetencer fra Sekundarstufe 1 i starten af G11 (dvs. helst fra kemi-undervisningen i fællesskolen, men bør opfriskes i G11)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
Op til G11: Stof-partikel-koncept		
Atomer har en differenceret opbygning	• beskrive atomernes opbygning med egnede modeller ☐ ☐ ☐	Skalmodel hhv. energittrinmodel
Elementer kan indordnes	• forklare elementernes indordning i periodesystemet vha. af atomets opbygning ☐ ☐ ☐	Elementernes periodesystem
Atomer indgår bindinger	• vha. eksempler forklare den kemiske binding i salte, molekyler og metaller ☐☐☐ • begrunde dannelsen af ioner vha. ædelgastilstanden hhv. oktetreglen ☐☐☐ • nævne elektronegativitet som mål for et atoms evne til at tiltrække elektroner i bindinger ☐☐☐ • skelne mellem polære og upolære elektronparbindinger i molekyler ☐☐☐ • skelne mellem ioner, dipolmolekyler og upolære molekyler ☐☐☐ • anvende min viden om materiens opbygning til at forudsige kemiske reaktioner ☐☐☐	Ionbinding og iongitter Metalbinding (fx elektrongasmodel) Elektronparbinding Elektronegativitet Molekylgeometri (kugleskymodel / elektronfrastødningsmodel)
Organiske stoffer kan tilordnes stofklasser	• skelne mellem uorganiske og organiske stoffer ☐☐☐ • skelne mellem alkaner og alkanoler ☐☐☐ • beskrive og gøre rede for opbygningen af simple organiske stoffer med alkaner og alkanoler som eksempler ☐☐☐	Stofklasser og deres funktionelle grupper (alkaner og alkanoler)
Op til G11: Struktur-egenskab-koncept		
Stoffers egenskaber kan tydes vha. bindingsmodeller	• tyde bindingstyperne ionbinding, elektronparbinding og metalbinding vha. elektronegativitet ☐☐☐ • forklare saltes specifikke egenskaber vha. ioner, iongitre og elektrostatiske kræfter ☐☐☐ • forklare metaller specifikke egenskaber vha. konceptet for metalbindingen ☐☐☐ • forklare saltopløsnings specifikke egenskaber vha. konceptet for hydratisering ☐☐☐ • forklare stofegenskaber (opløselighed, blandbarhed, koge- og smeltetemperatur) vha. bindingstype hhv. intermolekylære vekselvirkninger (van-der-Waals-kræfter, dipol-dipol-kræfter, hydrogenbindinger) ☐☐☐	Ionbinding Metalbinding Elektronparbinding

Kompetencer for G11 (indføringsfasen i Sekundarstufe 2, gymnasieoverbygningen)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
G11: Kemiske stoffers og deres partiklers opbygning og egenskaber		
Stoffer kan tilordnes stofklasser	• skelne mellem stofklasserne i den organiske kemi ☐☐☐ • beskrive og gøre rede for den rumlige opbygning af organiske molekyler ☐☐☐ • skelne mellem enkelt-, dobbelt- og tripelbindinger ☐☐☐ • beskrive og gøre rede for opbygningen af en homolog række og strukturisomerien med alkaner og alkanoler som eksempel ☐☐☐ • navngive udvalgte organiske forbindelser vha. af reglerne for den systematiske navngivning (IUPAC) ☐☐☐ • skelne mellem vigtige naturstoffer ☐☐☐ • beskrive og gøre rede for den rumlige opbygning af udvalgte funktionelle stoffer ☐☐☐	Funktionelle grupper i den organiske kemi Homologe rækker (alkaner, alkanoler, carbonsyrer) Rumlighed Strukturisomeri Nomenklatur efter IUPAC (alkaner, alkener, alkanoler, alkanaler, alkanoner, carbonsyrer, estere) Naturstofferne stofklasser Betragtning af udvalgte kunststoffer
Kemiske stoffer danner forskellig intermolekylær vekselvirkning	• skelne imellem og begrunde van-der-Waals-kræfter, dipol-dipol-kræfter, hydrogenbindinger og ioniske tiltrækningskræfter ☐☐☐	Intermolekylær vekselvirkning
Kemiske stoffers egenskaber kan tydes vha. strukturen og intermolekylære vekselvirkninger	• forklare udvalgte egenskaber for de organiske stofklasser vha. intermolekylær vekselvirkning (van-der-Waals-kræfter, dipol-dipol-kræfter, hydrogenbindinger) ☐☐☐ • forklare stofegenskaber med indflydelsen af de respektive funktionelle grupper i forhold til kædelængden ☐☐☐ • begrunde organiske molekylers reaktionsmuligheder vha. funktionelle grupper ☐☐☐ • udlede stoffers egenskaber ud fra deres struktur ☐☐☐ • forklare sammenhænge mellem egenskaber og anvendelsen af vigtige organiske forbindelser (alkaner, alkanoler, carbonsyrer) ☐☐☐ • beskrive sammenhænge mellem forekomst, anvendelse og egenskaber af vigtige naturstoffer ☐☐☐ • beskrive sammenhænge mellem anvendelse og egenskaber af udvalgte funktioneller stoffer (kunststoffer) ☐☐☐	Funktionelle grupper i den organiske kemi Homologe rækker (alkaner, alkanoler, carbonsyrer) Naturstofferne stofklasser Grundstruktur (Grundgerüst) og funktionelle grupper som basis for rumlighed Intermolekylære vekselvirkninger Betragtning af udvalgte funktionelle stoffer (kunststoffer)

Kompetencer for G12 og G13 (kvalifikationsfasen i Sekundarstufe 2, gymnasieoverbygningen)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
G12 og G13: Kemiske stoffers og deres partiklers opbygning og egenskaber		
Kemiske stoffer kan tilordnes stofklasser	• beskrive den stofmæssige sammensætning af proteiner eller kulhydrater eller fedtstoffer ☐☐☐ • nævne følgende naturstoffer på grundlag af deres strukturformler: Proteiner eller kulhydrater (glucose, fructose, saccharose, stivelse, cellulose) eller fedtstoffer ☐☐☐ • forklare opbygningen af makromolekyler af monomer-byggesten (hvis der vælges proteiner eller kulhydrater) ☐☐☐ • skelne mellem former for konfigurationsisomeri (enantiomere og diastomere, asymmetrisk substituerede kulstofatomer / chiralitet) ☐☐☐ • forklare opbygningen af funktionelle stoffer og materialer ☐☐☐ • beskrive kunststoffer på grundlag af deres syntese som polykondensater eller polymerisater ☐☐☐	Naturstoffer (proteiner eller kulhydrater eller fedtstoffer) Hvis der vælges kulhydrater: Monomere, glykosidisk binding, rumlig fremstilling af molekyler (fx Fischer- og Haworth-projektion); konfigurationsisomeri, asymmetrisk substituerede kulstofatomer / chiralitet) Hvis der vælges proteiner: Monomere, zwitterioner, peptidbinding, primær-, sekundær, tertiær og kvarternærstruktur; konfigurationsisomeri, asymmetrisk substituerede kulstofatomer / chiralitet) Hvis der vælges fedtstoffer: Mættede/umættede fedtsyrer, konfigurationsisomeri. Funktionelle stoffer og materialer Betragtning af udvalgte funktionelle stoffer (kunststoffer)

Fortsættelse: G12 og G12 Kemiske stoffers og deres partiklers opbygning og egenskaber		
Kemiske stoffers egenskaber kan tydes vha. strukturen og/eller intermolekulære vekselvirkninger	- forklare organiske stoffers egenskaber på grundlag af mit kendskab til intermolekulære vekselvirkninger ☐☐☐ - forklare egenskaberne af makromolekulære stoffer (polysaccharider eller proteiner; kunststoffer) på grundlag af deres molekulære struktur (kædelængde, forgreningsgrad, ...) og derved forklare deres praktiske betydning og anvendelse ☐☐☐ - forklare enantiomerien ved kemiske forbindelser med asymmetrisk substituerede kulstofatomer ☐☐☐ - begrunde chirale forbindelsers optiske aktivitet vha. af enantiomerernes forskellige struktur ☐☐☐ - forklare brugsmaterialers (Werkstoff) egenskaber vha. af deres struktur og de virkende intermolekulære kræfter ☐☐☐	Naturstoffer (proteiner eller kulhydrater eller fedtstoffer) Karakteristiske egenskaber for de udvalgte naturstoffer (fx opløselighed, smeltetemperatur). Hvis der vælges kulhydrater: Mutarotation, optisk aktivitet, chiralitet / asymmetrisk kulstofatom. Hvis der vælges proteiner: Denaturering; optisk aktivitet, chiralitet / asymmetriske kulstofatomer, isoelektriske punkt, analysemetoder for aminosyreblandinger, puffer og pufferegenskaber, kromatografiprincippet, bestemmelse og interpretation af R_f-værdier. I fagområdet "Kemi og funktionelle stoffer og materialer": <u>Emneområde kunststoffer:</u> Struktur og egenskab af termoplast, duroplaster og elastomerer. <u>Emneområde overfladeaktive stoffer:</u> Intermolekulær vekselvirkning i kontekst af tensider og emulgatorer.
I aromatiske forbindelser har molekyler en særlig elektronstruktur	- forklare atomernes opbygning vha. den bølgemekaniske atommodel (orbitalmodellen) ☐☐☐ - forklare den aromatiske tilstand vha. delokalisering af π-elektroner ☐☐☐	Grundlag for den bølgemekaniske atommodell (s-orbitaler, p-orbitaler, sp^3-hybridisering, sp^2-hybridisering) Delokalisering af π-elektroner i benzolmolekylet
Elektronfordelingen påvirker et stofs reaktivitet	forklare forskellig reaktivitet og reaktioner forløb ☐☐☐	Benzol

Fortsættelse: G12 og G13 Kemiske stoffers og deres partiklers opbygning og egenskaber		
Hvis der vælges farvestoffer: Elektroner kan løftes til højere energiniveauer	• forklare stoffers farve på mikroniveau ☐☐☐ • forklare aromatiske stoffer struktur vha. den bølgemekaniske atommodel ☐☐☐	Farbe og farvethed
Hvis der vælges farvestoffer: Konjugerede dobbeltbindinger foreligger i delokaliseret form	• beskrive mesomerien vha. grænsestrukturer i Lewis-skrivemåde (elektronprikformlen) ☐☐☐ • forklare stoffernes farvethed vha. mesomere grænsestrukturer ☐☐☐	Strukturen for aromatiske systemer Mesomeri og dens fremstilling (præsentation) Benzol og udvalgte substitutionsprodukter
Ioner og funktionelle grupper kan påvises kvalitativt og kvantitativt på grundlag af deres egenskaber	• kan benytte principperne for påvisningsreaktioner (fældningsreaktioner, farverreaktioner, gasudviklingsreaktioner) (kromatografi) til påvisning af funktionelle grupper i organiske forbindelser og relevante ioner ☐☐☐	Her er der er ikke nogen indholdsmæssig forpligtelse fra Fachanforderungen; fagcurriculum kemi formulerer detaljerne. Faggruppemøde ???
Metalkationer kan indgå bindinger med andre partiklers frie elektronpar	• beskrive den koordinative binding i komplekse forbindelser som binding, hvorved bindingselektronerne kun stammer fra den ene bindingspartner (mellem metalkationen og det frie elektronpar af en bindingspartner) ☐☐☐	Koordinativ binding (kompleksbinding) (fx i sammenhæng med kulhydrater, proteiner eller analytisk kemi)
Nanostrukturerede overflader har særlige egenskaber	• beskrive en nanostruktur ☐☐☐ • beskrive egenskaberne for nanostrukturerede overflader ☐☐☐	En nanostruktur Egenskaberne ved en nanostruktureret overflade

DE KEMISKE REAKTIONERS KONCEPT

Kemiske reaktioner spiller en central rolle i kemien. Dette basiskoncept leverer en systematisk betragtning: Donator-acceptor-princippet for protonoverførsler og elektronoverførsler; reaktionsmekanismer i den organiske kemi. Kendetegnene er overførslen af partikler.

Forventede kernekompetencer fra Sekundarstufe 1 i starten af G11 (dvs. helst fra kemi-undervisningen i fællesskolen, men bør opfriskes i G11)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
Op til G11: De kemiske reaktioners koncept		
Kemiske reaktioner kan differenceret forklares på partikelniveau Kemiske reaktioner kan systematiseres	- forklare dannelsen af ioner vha. elektronoverførsel ☐☐☐ - definere oxidation som afgivelse af elektroner og reduktion som optagelse af elektroner ☐☐☐	Dannelse af ioner Redoxreaktioner som elektronoverførselsreaktioner Ædle og uædle metaller Udvinding af metaller Redoxreaktioner med elektrolyse og galvaniske elementer som eksempel
Kemiske reaktioner kan systematiseres	- forklare syre-base-reaktioner som protonoverførselsreaktioner vha. konceptet for elektronegativitet ☐☐☐ - anvende konceptet for redox-reaktioner og protonoverførselsreaktioner på reaktioner af syrer/sure opløsninger med metaller ☐☐☐	Syre-base-reaktioner efter Brønsted Syrer, baser, sure opløsninger, basiske (alkaliske) opløsninger, neutralisation

Kompetencer for G11 (indføringsfasen i Sekundarstufe 2, gymnasieoverbygningen)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
G11 Donator-acceptor-koncept		
Syre-base-reaktioner efter Brønsted er protonoverførsler OBS ! Her er indhold fra G12 hentet ned i G11	• tyde syre-base-reaktioner som protonoverførselsreaktioner efter donator-acceptor-princippet ☐☐☐ • opstille korresponderende syre-base par ☐☐☐ • beskrive pH-værdien kvalitativ som mål for indholdet af hydrogenioner/oxonium i en vandig opløsning ☐☐☐ • forklare en neutralisationsreaktion ☐☐☐	Carbonsyrer Syre-base-teori efter Brønsted Stærke og svage syrer hhv. baser pH-værdi neutralisation
Redoxreaktioner er kendetegnet ved elektronoverførsler	• tyde redoxreaktioner som elektronoverførselsreaktioner efter donator-acceptor-princippet ☐☐☐ • anvende mit kendskab om redox-reaktioner på alkanoler og deres oxidationsprodukter ☐☐☐	Organiske forbindelsers reaktionsadfærd (påvisningsreaktioner for hydroxy- og aldehydgrupper)
G11 Ligevægtskoncept		
Carbonsyrer er svage syrer OBS ! Her er indhold fra G12 flyttet ned i G11 OG nogle af de tidligere højniveauemner (fx pK_B) er nu grundniveauemner.	• beskrive pH-værdien kvalitativ som mål for indholdet af hydrogenioner/oxonium i en vandig opløsning ☐☐☐ • beskrive og forklare den kemiske ligevægt på stof- og partikelniveau (makro- og mikroniveau) som dynamisk ligevægt ☐☐☐ • beskrive syrekonstanten som en speciel ligevægtskonstant og forklare pK_S-værdiens betydning ☐☐☐ • beskrive basekonstanten som en speciel ligevægtskonstant og forklare pK_B-værdiens betydning ☐☐☐ • skelne mellem svage og stærke syrer vha. pK_S- og pK_B-værdier ☐☐☐	pH-værdier for fortyndede carbonsyrer Kemisk ligevægt Reaktionshastighed Massevirkningsloven Påvirkning af ligevægtsreaktioner (Le Chateliers princip) Syre- og basekonstanter, pH-værdi, pK_S - og pK_B -værdier
Elektrokemiske reaktioner er redoxreaktioner	• beskrive og forklare redoxreaktioners reversibilitet ☐☐☐ • forklare, at elektrokemiske reaktioner er redoxreaktioner ☐☐☐ • nævne grundprincipperne for galvaniske celler og akkumulatorer ☐☐☐	Redoxreaktioners reversibilitet Redoxreaktioner som elektrokemiske reaktioner Grundprincipper for galvaniske elementer og akkumulatorer

G11 Mekanistiske betragtninger		
Kemiske reaktioner i den organiske kemi kan betragtes som forandring af de reagerende partikler. Disse forløber ofte trinvis i flere enkelte skridt.	*beskrive mindst én udvalgt reaktionsmekanisme ☐☐☐	*Reaktionsmekanismer * forpligtende for det treårige gymnasieforløb enten i G11 eller G12/G13.

Kompetencer for G12 og G13 (kvalifikationsfasen i Sekundarstufe 2, gymnasieoverbygningen)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
G12 og G13 Donator-acceptor-koncept		
Puffersystemer kan tydes kvalitativt vha. syre-base-teorien efter Brønsted	- kvalitativt tyde puffersystemer vha. syre-base-teorien efter Brønsted ☐☐☐ Hvis der vælges proteiner: - beskrive aminosyrer i deres zwitterionstruktur ☐☐☐	Puffersystemer Hvis der vælges proteiner: Aminosyrernes zwitterionstruktur
Protonoverførsler kan betragtes matematiske	- forklare sammenhængen mellem vands autohydronolyse og pH-værdien ☐☐☐ - beregne pH-værdien for sure og basiske opløsninger (ved fuldstændig hydronolyse) ☐☐☐ - beregne pH-værdien for sure og basiske opløsninger (ved ufuldstændig hydronolyse) ☐☐☐ - beregne pH-værdien for pufferopløsninger vha. Henderson-Hasselbach-ligningen ☐☐☐	Vands ionprodukt (K_w) Beregning af pH-værdier for sure og basiske opløsninger (ved fuldstændig hydronolyse) Beregning af pH-værdier for sure og basiske opløsninger (ved fuldstændig hydronolyse) Henderson-Hasselbach-ligningen

Fortsættelse: G12 og G13 Donator-acceptor-koncept		
Uædle metaller reducerer ionerne af mere ædle metaller	• beskrive korresponderende redoxpar vha. oxidationstallet • redegøre for opbygningen af elektrolyseceller • redegøre for princippet ved elektrolyse • redegøre for opbygningen af galvaniske celler • redegøre funktionen af galvaniske celler • tyde elektrolyse som det omvendte af det galvaniske element • nævne principielle forskelle mellem batterier, akkumulatorer og brændselsceller • beskrive metallers korrosion som elektrokemisk hændelse • forklare tiltag for korrosionsbeskyttelse (aktiv og passiv)	Elektrokemisk udvinding af stoffer – elektrolyse (elektrolyse som påtvunget redoxreaktion, sammenligning galvanisk element – elektrolyse) Galvaniske celler Sammenligning galvanisk element - elektrolyse Elektrokemisk spændingsrække Akkumulatorer Brændselsceller Elektrokemisk korrosion og korrosionsbeskyttelse (aktiv og passiv)
Elektronoverførsler kan betragtes matematiske	• beskrive den galvaniske celle som kobling mellem to redoxligevægte • nævne definitionen og betydningen af standardpotentialen • beregne hvilespændingen ud fra standardpotentialerne • beskrive sammenhængen mellem elektrisk ladning og stofomsætning ved elektrolysen (Faraday lov) • beskrive den for gennemførslen af elektrolyse mindst nødvendige difference for elektrodepotentialet mellem anode og katode som nedbrydningsspænding • beskrive overspændingen ved elektrokemiske processer som reel afvigelse fra beregnede værdier • beskrive det elektrokemiske potentials afhængighed af koncentrationen vha. Nernst-ligningen • beregne potentialet afhængig af koncentrationen ved standardtemperatur vha. Nernst-ligningen	Beregning af hvilespændingen vha. standardpotentialerne Faradays lov Nernst-ligningen (koncentrationscelle, beregninger af potentialer afhængigt af koncentrationer ved standardtemperatur) Overspænding og nedbrydningsspænding

Fortsættelse: G12 og G13 Donator-acceptor-koncept		
Proton- og elektronoverførsler kan benyttes til at bestemme koncentrationer	- bestemme koncentrationerne for sure eller basiske opløsninger vha. syre-base-titreringer (med omslagspunkt) ☐☐☐ - præsentere syre-base-titreringer vha. titreringskurver ☐☐☐ - beregne titreringens startpunkt, halvækvivalenspunkt og ækvivalenspunkt ☐☐☐ - bestemme koncentrationen for karakteristiske partikler vha. redox-titrering ☐☐☐	Syre-base titrering (med omslagspunkt) Titreringskurver Beregning af startpunkt, halvækvivalenspunkt og ækvivalenspunkt
G12 og G13 Ligevægtskoncept		
Ved den kemiske ligevægt finder frem- og tilbagereaktion sted uden at medføre en brutto-forandring	beskrive og forklare den kemiske ligevægt på stof- og partikelniveau som dynamisk ligevægt ☐☐☐	Kemisk ligevægt som dynamisk ligevægt (fx i sammenhæng med carbonsyrer som svage syrer eller estersyntese)
For et reaktionssystem i kemisk ligevægt kan reaktanternes og produkternes stofmængder beregnes	- formulere massevirkningsloven ☐☐☐ - kan give udsagn om ligevægtens beliggenhed vha. ligevægtskonstanten ☐☐☐ - beregne koncentrationen for en reaktant/et produkt i ligevægt (massevirkningslov) ☐☐☐ - beskrive, at katalysatorer accelererer indstillingen af kemiske ligevægte) ☐☐☐ - beskrive opløselighedsligevægte og interpretare K_L-værdier (kvalitative og kvantitative betragtninger) ☐☐☐	Massevirkningsloven Beregning af koncentrationen for involverede stoffer Katalysatorer Opløselighedsligevægte og opløselighedsprodukter
Ligevægtens beliggenhed kan ændres ved ydre påvirkning	- beskrive den kemiske ligevægt på grundlag af reaktionshastigheder og stødteorien ☐☐☐ - anvende Le Chateliers princip for at påvirke ligevægtens beliggenhed ☐☐☐	Reaktionshastighed (stødteori) Le Chateliers princip

G12 og G13 Mekanistiske betragtninger		
Kemiske reaktioner i den organiske kemi kan betragtes som forandring af de reagerende partikler. Disse forløber ofte trinvis i flere enkelte skridt.	• *beskrive mekanismerne for den radikal substitution, den elektrofile addition, den nucleofile substitution, estersyntesen og den elektrofile substitution på aromater (første-substitution), radikal polymerisation ☐☐☐ * forpligtende for det treårige gymnasieforløb enten i G11 eller G12/G13. • skelne reaktionstyperne substitution, addition, eleminering og kondensation ☐☐☐	Reaktionsmekanismer Radikal substitution Elektrofil addition Nucleofil substitution Estersyntese Elektrofil substitution på aromatiske forbindelser (førstesubstitution) Radikal polymerisation
Syntesen af kemiske stoffer forudsætter detaljeret kendskab af synteseveje på basis af reaktionsmekanismerne	• anvende kendte reaktionsmekanismer for at forstå syntesetrinnene for ønskede produkter ☐☐☐ • planlægge synteser inklusive de nødvendige reaktionsbetingelser på grundlag af kendte reaktionsmekanismer ☐☐☐	Her er der er ikke nogen indholdsmæssig forpligtelse fra Fachanforderungen; fagcurriculum kemi formulerer detaljerne. Faggruppemøde ???

ENERGI-KONCEPT

Energetiske betragtninger spiller en vigtig rolle for beskrivelse af omdannelsen af partikler og kemiske stoffer. I den sammenhæng har også påvirkningen af kemiske reaktioners forløb gennem ændring af energetiske faktorer betydning. Fx kan følgende sammenhænge inddrages: Termodynamiske principper ved kemiske og fysikalsk-kemiske processer forløb, kinetiske principper kemiske reaktioners forløb. Herved betragtes reaktionsforløb også mekanistiske.

Forventede kernekompetencer fra Sekundarstufe 1 i starten af G11 (dvs. helst fra kemi-undervisningen i fællesskolen, men bør opfriskes i G11)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
Ved kemiske reaktioner omdannes energi	- kan vha. et energidiagram skitsere forløbet for exoterme og endoterme reaktioner ☐☐☐ - beskrive aktiveringsenergien som energi, der skal bruges til at sætte stoffer i en reaktionsklar tilstand ☐☐☐ - beskrive indflydelsen af en katalysator på aktiveringsenergien ☐☐☐	Stoffers energiindhold Energidiagrammer Katalysatorer
	beskrive omdannelsen af kemisk til elektrisk energi og omvendt ☐☐☐	Redoxreaktioner som elektrokemiske reaktioner
Atommodeller kan betragtes energetiske	- beskrive vha. ioniseringsenergien at elektroner i et atom kan skelnes ved deres energiindhold ☐☐☐ - udlede ioniseringsenergien fra opbygningen af atomets skaller ☐☐☐	Ioniseringsenergi

Kompetencer for G11 (indføringsfasen i Sekundarstufe 2, gymnasieoverbygningen)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
G11 Energi-koncept		
Ved kemiske reaktioner iagttager man ved siden af en omsætning af stoffer også altid en omsætning af energi	• beskrive varmen, der afgives/optages ved kemiske reaktioner under konstant tryk som reaktionsentalpi ☐☐☐ • beskrive kalorimetrien som metode til at bestemme energiomsætning ☐☐☐	Energetiske betragtninger ved forbrændingsreaktioner Energibærere og energiprocesser Kalorimeter
Bindingsmodeller kan betragtes energetiske	• forklare kemiske reaktioners energibudget gennem opbrydning og dannelse af kemiske bindinger og ophævnning og dannelse af intermolekylær vekselvirkning ☐☐☐ • beskrive bevarelsen af energi ved kemiske reaktioner (termodynamikkens 1. lov) ☐☐☐	Kemiske reaktioners energibudget Termodynamikkens 1. lov
Fortsættelse: G11 Energi-koncept		
Vedvarende (alternative) energiformer bliver brugt til at stille energi til rådighed	• vurdere brugen af vedvarende energiformer ☐☐☐	Sammenligning af fossile brændstoffer og vedvarende energiformer

Kompetencer for G12 og G13 (kvalifikationsfasen i Sekundarstufe 2, gymnasieoverbygningen)		
Grundlæggende sammenhænge for dette basiskoncept	Indholdsmæssige kompetencer Eleven kan ... / Jeg kan ...	Obligatoriske indhold
G12 og G13 Energi-koncept		
Ved kemiske reaktioner iagttager man udover en omdannelse af stoffer også en omsætning af energi	• beregne standardreaktionsentalpien • beskrive entalpiændringen af den samlede kemisk reaktion som summen af delreaktionernes entalpiændring (Hess' sætning) • forklare termodynamikkens 2. lov (princippet for entalpiminimum)	Kalorimetri Standardreaktionsentalpi Hess' sætning Termodynamikkens 2. lov
Udover reaktionsentalpien bestemmer reaktionsentropien forløbet for en kemisk reaktion	• beskrive entropi som mål for den jævne fordeling (uorden) af energi og partikler i et system • redegøre for vekselspillet mellem entalpi og entropi som kriterium for det frivillige (spontane) forløb af kemiske reaktioner (princip for entropimaksimum) • beskrive tiltagning af entropi som devaluering af energi	Indre energi, reaktionsenergi og reaktionsentalpi Termodynamikkens 2. lov Reaktionsentropi
Kemiske reaktioners frivillige (spontane) forløb kan udledes af den frie reaktionsentalpi	• nævne Gibbs-Helmholtz-ligningen som sammenhæng mellem entalpi og entropi i et system	Fri reaktionsentalpi Gibbs-Helmholtz-ligningen

5. EMNER OG INDHOLD I UNDERVISNINGEN I G11, G12 OG G13

Nedenstående følger de obligatoriske emner på grundniveau og højniveau. På A. P. Møller Skolen undervises grundniveau og efter den nye OAPVO som 3-timers fag. Profilmfaget ville modtage undervisning på højniveau. Underviseren kan for et grundniveau givetvis inddrage aspekter fra højniveau. Det anbefales dog hellere på grundniveau at give god plads til eksperimentdesign, eksperimenter og udvikling af kompetencer i stedet for at fylde tid op med højniveauaspekter.

Forpligtende indhold for emnet G11 KEMI OG LIV

Dette emne bearbejder grundlæggende stofklasser og reaktionsprocesser. Målet er den grundlæggende sammenhæng mellem struktur og egenskab for kemiske stoffer, forløbet for kemiske reaktioner og sammenknytningen med livsprocesser. Emnet lægger samtidig betydningsfulde grundlag for faget biologi. Dette nødvendiggør et samarbejde mellem de to faggrupper.

- Stofklassernes forekomst, betydning og funktion (kulhydrater, proteiner, fedtstoffer)

- Grundlag for stofklassernes systematik

- Funktionelle grupper i den organiske kemi (hydroxy-, carbonyl-, ester-, aminogruppe)
- Homologe rækker (alkaner, alkanoler, carbonsyrer)
- Sammenhæng mellem struktur og egenskab
- Intermolekylær vekselvirkning
- Grundlag for nomenklatur efter IUPAC-reglerne
- Rumlig opbygning

- Konstitutionsisomeri (strukturisomeri)

- Reaktionsadfærd

- Redoxreaktioner
- Syre-base-reaktioner og kemisk ligevægt i kontekst med carbonsyrer (syre-base-teori efter Brønsted, pH-værdi, stærke og svage syrer, vands ionprodukt K_w , kvalitativ betragtning af syrekonstanten, basekonstanten, pK_s - og pK_b -værdier.
- *radikalisk substitution, *addition på dobbeltbindinger (elektrofiladdition), *nucleofil substitution, *forestring / * forpligtende for det treårige gymnasieforløb enten i G11 eller G12/G13.

- Betragtning af betydningsfulde stofklasser ved naturstofferne

- Kulhydrater, fedtstoffer, proteiner
- Betragtning af strukturer og tilknyttede egenskaber

- Reaktioner

- Peptid-dannelse, forestring, kondensationsreaktioner med monosaccharider
- *Reaktioners reversibilitet og påvirkning af reaktioner; kemiske ligevægt og Le Chateliers princip

Bemærkning: På højniveau skal der i G11 tematiseres mindst én reaktionsmekanisme (fx radikalisk substitution, elektrofil addition, nucleofil substitution, estersyntese).

Forpligtende indhold for emnet G11 KEMI OG ENERGI

Dette emne betragter kemiens betydning for energiforsyningen i hverdagen og i samfundet. Der bliver eksemplarisk vist tekniske fremskridt med forbrænding af fossile brændstoffer og særligt elektrokemiske processer og energiomdannelser. Emnet danner grundlag for en vurdering af forskellige energibærere i den personlige, samfundsmæssige og erhvervsmæssige kontekst. Emnet viser også nødvendigheden for mere præcise procesbetragtninger, herunder kvantitative vurderinger. Desuden danner det grundlag for uddybelse af emnet i G12.

- **Sammenlignende betragtninger af energetiske processer i forskellige kontekster**
- **Energetiske betragtninger af forbrændingsreaktioner**
 - Energiformer, energibærere og energiomdannelse
 - Termodynamikkens 1. lov
 - Energibudgetter for kemiske reaktioner; kalorimetri
 - Tydning vha. bindingsenergi og partikelbevægelse
- **Redoxreaktioner som elektrokemiske reaktioner**
 - Redoxreaktioner som elektronoverførselsreaktioner
 - Redoxreaktioner med elektrolyse og galvaniske celler som eksempel
- **Reaktioners reversibilitet med redoxreaktioner som eksempel, muligheder for reaktionsstyring**
- **Vurderingskriterier for energibærere og -processer med bæredygtig udvikling som perspektiv**
 - Sammenlignende betragtninger af forbrændingsreaktioner og elektrokemiske reaktioner
 - Sammenligning: Fossile brændstoffer og vedvarende (alternative) energiformer

Forpligtende indhold for emnet G11 KEMI OG FUNKTIONELLE STOFFER OG MATERIALER

Dette emne fokuserer på udnyttelse af struktur-egenskabs-sammenhængen for udviklingen af individuel og samfundsmæssig betydningsfulde materialer og viser derved den mangfoldighed af stoffer, der kan fremstilles og videreudvikles vha. kemien. Spørgsmål om bæredygtighed spiller her en rolle. En tilgang herfor er betragtningen af stofkredsløb, stofbudgetter, økologisk fodaftryk og genbrug af forskellige produkter.

Med plast som eksempel bearbejdes, hvordan der på forskellig plan (genstande, stoffer, kemiske forbindelsers strukturer, differencerede modelbetragtninger af atomare egenskaber) kan muliggøres en tydning og forudsigelse af funktionelle egenskaber.

- **Kunststoffer – produkter på grundlag af funktionalitet**
 - Centrale begreber: Monomere, polymere, makromolekyle
 - Inddeling efter termisk adfærd: Termoplaster, hærdeplaster, elastomere (med typiske eksempler)
 - Tolkning af stoffernes egenskaber vha. strukturer og intermolekylær vekselvirkning
 - Fremstilling af et kunststof
- **Synspunkter for bæredygtighed ved vurderingen af produkter og produktionsprocesser**
 - Materialekredsløb og recycling

Bemærkning: På højniveau skal der tematiseres mindst én reaktionsmekanisme (fx polymerisation eller estersyntese).

Undervisningsforløbenes rækkefølge, tidspunkt og varighed i kvalifikationsfasen, G12 og G13

Faggruppen har aftalt at alle hold i G12 og G13 arbejder med kvalifikationsfasens fire obligatoriske overordnede emner i følgende rækkefølge, såsom indføring af:

- G12 KEMI OG LIV
- G12 KEMI OG ENERGI
- G13 KEMI OG FUNKTIONELLE STOFFER OG MATERIALER
- G13 KEMI OG MILJØ

Forpligtende indhold for emnet G12 KEMI OG LIV	
Som udgangspunkt indledes emnet med "Biokemiske aspekter ved sundhed og ernæring". Derefter undervises på grundlæggende niveau mindst ét fokusemne (proteiner eller kulhydrater eller fedtstoffer). På højniveau skal der undervises ét af emnerne proteiner eller kulhydrater. Et yderligere emne bliver forpligtende, hvis der ikke vælges "Farvestoffer" i emnet Funktionelle stoffer og materialer i G12/G13.	
Biokemiske aspekter ved sundhed og ernæring	
<i>- Biokemiske grundlag for ernæring og sundhed (næringsstoffer, stofskifteprocesser, eksemplarisk betragtning af virkningsstoffer i fødevarer og medicin).</i> <i>- essentielle bestanddele i fødevarer</i> <i>- fysisk og biologisk brændeværdi</i>	
Hvis der vælges PROTEINER	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Proteiners betydning for organismer Påvisningsreaktioner for proteiner Aminosyrer som byggesten for proteiner Essentielle aminosyrer og deres betydning for ernæringen Zwitterioner Peptidbinding Primær-, sekundær- og tertiær- og kvaternærstruktur Denaturering	Koordinativ binding, hvorved elektronerne kun stammer fra den ene bindingspartner (mellem metallkationer og frie elektronpar) Isoelektrisk punkt Puffersystemer: Betydning, sammensætning, funktionsmåde Analysemetoder for aminosyreblandinger: Kromatografiens princip, bestemmelse og interpretation af R _f -værdier Optisk aktivitet Chiralitet, asymmetrisk substituerede kulstofatomer
Hvis der vælges KULHYDRATER	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Forekomst, egenskaber og påvisning af glucose og fructose Præsentation af molekyler vha. forskelle modeller (Fischer- og Haworth-projektioner) Udsagn om grænser for modeller	Koordinativ binding, hvorved elektronerne kun stammer fra den ene bindingspartner (mellem metallkationer og frie elektronpar) Optisk aktivitet Konfigurationsisomeri, chiralitet, asymmetrisk substituerede kulstofatomer Mutarotation
Hvis der vælges FEDTSTOFFER	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Grundlæggende opbygning af et fedtstofmolekyle Opbygning af et fedtstofmolekyle af glycerol og fedtsyrer Karakterisering af fedtstoffer vha. kendetegn (kvalitativ)	Konfigurationsisomeri Eksperimentel bestemmelse og karakterisering af udvalgte kendetegn (fx iodtal, syretal, forsæbningsstal)

Forpligtende indhold for emnet G12 KEMI OG ENERGI	
Dele af dette emne kan kobles på andre emneområder. Særligt temaet "Energibærere uden fossile brændstoffer" kan sammenknyttes med "Kemi og liv".	
Kemiske grundlag for energikoncepter	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Kemiske betragtninger af omdannelsesprocesser Energioplagring Kalorimetri Termodynamikkens 1. lov Reaktionsentalpi Hess' lov	Indre energi, reaktionsenergi og reaktionersentalpi Gibb-sHelmholtz-ligningen Beregning af ændringen af den molare standardentalpi Termodynamikkens 2. lov (princippet for entalpiminimum) Reaktionsentropi Fri reaktionsentalpi
Redoxreaktioner og kemisk udvinding af strøm	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Elektrokemisk udvinding af kemiske stoffer – elektrolyse (elektrolyse som påtvungen redoxreaktion) Elektrolyse som storteknisk procedure	Faradays love Overspænding, (nedbrydningsspænding som difference mellem anodens og katodens elektrodepotential)
Galvaniske celler Sammenligning galvanisk element – elektrolyse Elektrokemiske spændingsrække Halvceller og deres elektrodepotentialer Beregning af hvilespændingen U_0 ud fra standardelektrodepotentialerne Akkumulatorer	Koncentrationsceller Nernst-ligningen Beregningen af potentialer afhængig af koncentrationer ved standardtemperatur
Energibærere uden fossile brændstoffer	
Brændselscellen Energi fra vedvarende (nachwachsende) råstoffer, eksempler for den bæredygtige udnyttelse af energilagre	
Elektrokemiske korrosion	
Korrosion af metaller Aktiv og passiv korrosionsbeskyttelse	

Forpligtende indhold for emnet G13 KEMI OG FUNKTIONELLE STOFFER OG MATERIALER

Indholdet af dette emne berører elevernes hverdag på særlig måde. I fokus er et målrettet udvalg af kemiske stoffer på basis af deres egenskaber for et givet produkt.

I dette emne undervises mindst i temaet "Kunststoffer". Supplerende kan der på grundniveau behandles yderligere temaer. Det for højniveauet tiltænkte tema "Nanokemi" kan på inddrages grundniveau i didaktisk reduceret form.

På højniveau er temaet "Aromatiske forbindelser" forpligtende, uafhængig af tilknytningen til temaet "Farvestoffer".

På højniveau er temaet "Farvestoffer" forpligtende, hvis der ikke behandles et yderligere delemne indenfor "Kemi og Liv".

På højniveau er temaet "Nanokemi" forpligtende. Det er dog muligt at inddrage dette tema i "Kemi og Energi".

Kunststoffer

Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Følgende indhold fra G11 bliver uddybet og yderligere differenceret: Zentrale begreber: Monomer, polymer, makromolekyl Inddeling efter termisk adfærd: termoplast, hærdeplast, elastomer Intermolekylær vekselvirkning Fremstilling og egenskaber af mindst et kunststof Udvinding og forarbejdning af råstoffer Recyclingprocedurer	Materialekredsløb Mekanisme for estersyntese Mekanisme for den radikaliske polymerisation

Aromatiske forbindelser

Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Strukturen for aromatiske systemer Mesomeri og dens præsentation Benzol og udvalgte substitutionsprodukter	Bølgemekanisk atommodel Mekanisme for den elektrofile substitution Mesomer effekt

Farvestoffer

Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Additiv og subtraktiv farveblanding Farvestofklasser Sammenhæng mellem tekstilstruktur, farvestofstruktur og passende farvningsprocedurer Et eksempel for en tekstilfarvningsprocedure	Anvendelse af elektrofil substitution Substitutionseffekter (auxokrome og antiauxokrome grupper, kromofor)

Nanokemi

Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
	Systemplan: Makro, mikro, nano Særligheder ved nanopartikler: Forhold mellem overflade og masse / volumen Betragtning af egenskaber af en nanostruktureret overflade

Grænsefladeaktive stoffer: Vaske- og rengøringsmidler og kosmetiske produkter	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Overfladeaktivitet og grænsefladeaktivitet Struktur og egenskab af tensider og emulgatorer Sæbe som typisk eksempel for et simple tensider Anioniske, kationiske og non-ioniske tensider Miceller som strukturenheder i emulsioner Ingredienser i vaskemidler eller kosmetiske produkter med henblik på forskellige funktioner Kritisk betragtning af ingredienser	
Kemi og medicin	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Eksemplarisk betragtning af mindst én gruppe virkemiddel: Forskning og udvikling, fremstilling i laboratoriet og stor teknisk produktion, markedsføring Virkningsmidlers giftighed, dosering og overdosering, arbejdspladsgrænse	Medikamenter på basis af aromater Synteseplanlægning

Forpligtende indhold for emnet G13 KEMI OG MILJØ Jordbund, vand og luft er vores livsgrundlag. Behandling af ét af temaerne "Vand" eller "Jordbund" er forpligtende. Supplerende kan andre teamer inddrages. Temaet "Analytik" bliver mindst behandlet i det valgte miljøområde.	
Analytik	
Forpligtende indhold på grundniveau	Forpligtende indhold på højniveau
Stofmængder og koncentrationer Analysenøjagtighed, fejlbetragtning og påvisningsgrænser Kvalitativ og halvkvalitativ analyse (ionpåvisninger) Kvantitative analysemetoder (syre-base-titrering og koncentrationsberegning)	Kvalitativ og halvkvantitativ såsom kvantitativ analysemetode med højere kompleksitet Opløselighedsligevægte og opløselighedsprodukt K_w (kvalitativ og kvantitativ) Kvantitative analysemetoder (syre-base-titreringer, redoxitreringer) Kvantitativ betragtning af syrekonstanter, basekonstanter, pK_s - og pK_b -værdier Titreringskurver Beregning af startpunkt, halvækvivalensunkt, ækvivalenspunkt Kromatografi En metode for instrumentel analyse (fx konduktometri, potentiometriske bestemmelse af pH-værdier, fotometri, polarimetri)
Forpligtende indhold på grundlæggende niveau og højniveau Undervisningen i profilfaget finder sted vha. udvalgte egnede analytiske metoder på højniveau	
Miljøområde vand	
Vandanalyse sker i kontekst af den af underviseren valgte fokus (fx drikkevandsbeskyttelse, farvandsbeskyttelse, gødning og grundvand, forarbejdning af drikkevand, havforsuring)	
- Vandanalyse - Principper for påvisningsreaktioner (fældningsreaktion, farverekation, gasudviklingsreaktion) - Påvisning af relevante ioner - pH-værdi - vandhårdhed; kalkkredsløbet - Udtagning og forberedelse af vandprøver - Betydning og vurdering af farvandskvalitet passende til den valgte fokus	
Miljøområde jordbund	
Jordbundsanalyse sker i kontekst af den af underviseren valgte fokus (fx jordbundsbelastning og -sanering eller brug af gødning i landbruget)	
- Jordbundsanalyse - Jordbundsstruktur - Principper for påvisningsreaktioner (fældningsreaktion, farverekation, gasudviklingsreaktion) - Påvisning af relevante ioner - Jordbunds pH-værdi - vandhårdhed; kalkkredsløbet - Udtagning og forberedelse af jordbundsprøver - Betydning og vurdering af jordbunds-kvalitet passende til den valgte fokus	
Miljøområde luft	
- Drivhuseffekt - antropogene indflydelser og resulterende problemer - skadestoffer i luften og deres påvisning (fx nitrogenoxider, kulmonoxid) - Ozon (stratosfærisk) og ozonhul, jordbunds-nært ozon - kulstofkredsløb, kuldioxid (sinks (Senken), kilder, reservoirer), målemetoder for kuldioxidindhold	

6. FAGGRUPPENS / FAGGRUPPERNES AFTALER

Ifølge Fachanforderungen skal fagcurriculum for faget kemi konkret indeholde aftaler om følgende:

Undervisningen

- Uddybende indhold
- Kemiens rolle som profilseminar/profilstøttende fag (ifølge ny OAPVO)
- Undervisningsforløbenes rækkefølge, tidspunkt og varighed
- Undervisningsforløbenes bidrag til tilegnelse og udvidelse af de procesrelaterede kompetencer og opbygningen af basiskoncepterne
- I fb. med valgfag om kontekst for at undgå faglige dupliceringer
- Arbejdet på tværs af fag og emner
- Former for differencering
- Inddragelse af læringsmuligheder og projekter udenfor skolen

Fagsprog

- Fastlæggelse af ensartede betegnelser og begreber; ensartet formelsprog
- Muligheder for gennemgående sprogdannelse

Fremme og udfordre

- Forslag for tilbud for særlig præstationsstærke, motiverede hhv. præstationssvage elever
- Tiltag for elever med højt behov for støtte såvel for særligt begavede elever
- Tiltag for elever med forskellige færdigheder og interesser
- Udformning og indre differencering
- Tilbud for særligt interesserede elever udenfor skolen

Sikring af basisviden, bæredygtighed

- Tiltag til sikring af viden, der skal kunne gengives fra hukommelsen uden opslagsværker som kemibøger og leksika

Medie-, undervisnings- og læringsmateriale

- Anskaffelse og brug af eksperimentelt udstyr og elektroniske medier
- Inddragelse af digitale medier i undervisningen

Bedømmelseskriterier (Leistungsbewertung)

- Principper for bedømmelse og for udformning af "Leistungsnachweise"

Evaluerings og videreudvikling

- Regelmæssig evaluering og videreudvikling af aftaler
- Regelmæssige aftaler om behov for videreuddannelse

Siden åbningen af A. P. Møller Skolen i året 2008 blev der udviklet en betydelig del af ovenstående emner. De følgende kapitler er et opgør af status. Situationen skal dog løbende evalueres og videreudvikles, fx ved faggruppemøderne flere gange per skoleår.

Undervisningen

Uddybende indhold

Der aftales på hvilket tidspunkt i den treårige gymnasiefase der undervises i følgende uddybende faglige indhold. Disse kan med fordel flettes ind i indføringsfasens og kvalifikationsfasens overordnede temaer.

Fagligt indhold	Aftalt tidspunkt
Støkiometri (mængdeberegninger) Beregninger hhv. beregningsskemaer med størrelserne m, n og M og ligningen $m = n \cdot M$ Formel og aktuel stofmængdekonzentration med størrelserne c, n og V og ligningen $c = n/V$	I G11 med emnet Kemi og Energi, men tages op igen til opfriskning og fordybelse senere. I G11 med emnet Kemi og Liv, fx sammen med syre-base-teori og titrering, men tages op igen til opfriskning og fordybelse senere. Støkiometri opfriskes og uddybes i G12/G13 i fb. med Kemi og Energi og Kemi og Miljø (her især den obligatoriske del Analytik).
Beregning af pH-værdi, pK_s -værdier, pK_B -værdier	I G11 definition af pH-værdi sammen med syre-base-reaktioner. I G12/G13 fordybelse af syre-base-reaktioner og pK_s i sammenhæng med pH i fb. med Biomolekyler og Emnet Kemi og Miljø.
Puffer	På højniveau, evt. også på grundniveau.
Syre-base-titreringer	I G11 sammen med syre-base-reaktioner. I G12/G13 fordybelse af syre-base-reaktioner og pK_s i sammenhæng med pH i fb. med Kemi og Liv og Emnet Kemi og Miljø.
Reaktionsmekanismer Elektrofil addition Nucleofil substitution Estersyntese Elektrofil substitution på aromater	I G11 med emnet "Kemi og Liv" (fx addition). I G12/G13 opfriskes og uddybes reaktionsmekanismer i fb. med emnet Kemi og Liv og Kemi og funktionelle stoffer og materialer.
Mesomeri og mesomere effekter	På højniveau
Koordinativ binding (kompleksbinding)	På højniveau
Nanostruktur, nanomaterialer	På højniveau
Kromatografi	På højniveau
Metoder til instrumentel analyse (fx konduktometri, potentiometrisk bestemmelse af pH-værdi, fotometri, polarimetri)	På højniveau
Teknisk syntesemetode	På højniveau
Moderne materialer	I G12/G13 i fb. med Kemi og Funktionelle stoffer og materialer ???
Udvindelse og forarbejdning af råstoffer	I G12/G13 i fb. med Kemi og Energi og Kemi og Funktionelle stoffer og materialer ???
Recycling	I G12/G13 i fb. med Kemi og Energi og Kemi og Funktionelle stoffer og materialer ???
Materialekredsløb (Werkstoffkreisläufe)	I G12/G13 i fb. med Kemi og Energi og Kemi og Funktionelle stoffer og materialer ???

Kemiens rolle som profilseminar / profilstøttende fag

Med den nye OAPVO, der er trådt i kraft med skoleåret 2021/22, indføres for G12 faget profilseminar, der har til formål at støtte profilfaget ved at fokusere på at udvikle elevernes studieegnhed, tværfaglighed og opgavefeltets metoder. Profilseminaret kan erstattes med et profilstøttende fag (også kaldt affint fag), der ligeledes har til opgave at støtte profilfaget. Profilfaget og det profilstøttende fag udgør tilsammen profilen.

På A. P. Møller Skolen har man valgt at kemi er profilstøttende fag for STEM-profilen (MINT-profilen), hvor pt. fysik og biologi er/kan være profilfag.

Fagfamilierne har drøftet, at kemi så vidt muligt støtter profilfaget fysik undervejs i fb. med den almindelige undervisning, men at der vil være særlig fokus for samarbejdet mellem profilfagene og det profilstøttende fag kemi i profilstudieugen.

I januar-februar 2024 valgte underviseren i profilfaget fysik FS hhv. det profilstøttende fag kemi SD, at gennemføre profilstudieugen omkring emnet lys-materie-vekselvirkning med formidling af noget relevant teori, laboratorieeksperimenter inkl. anvendelse af moderne digitalt måleudstyr og et projekt med metoden spektrofotometri med afsluttende oplæg til træning af kommunikation på grundlag af den videnskabelige basismodel. Ugeplanen blev således:

Lekt.	Fredag 26.01	Torsdag 01.02	Fredag 02.02	Mandag 05.02.	Tirsdag 06.02.
1	Introduktion	Introduktion	Projekt spektrofotometri. Fortsat	Projekt spektrofotometri.	Ekskursion til
2	Spektrallinjer i	Læsning af pensum		Louisenlund,	
3	fysik og kemi og	Projekt spektrofotometri:		Oplæg parvis lænet	naturvidenskabelig
	spektralanalyse	Introduktion til		op til rapportform.	afdeling,
4	med prismer og	spektrofotometri som		Fotosyntese. Pigmenter i planter, chlorofyl-systemet, absorptionsspektre, papirkromatografi TLC, dataanalyse.	rundvisning,
5	Vernier	metode, måling af			sikkerhedslabor
	systemet	absorptionsspektrum for et	S1, forsøg med		
	Eksperiment	organisk farvestof, analyse af		gelelektroforese.	
	med	stoffets egenskaber ud fra			
	flamme farver og	strukturformlen, fremstilling			
	gasrør-spektre	af en standardkurve,			
6	Udlevering af	bestemmelse af			
	karakterblade	stofmængdekonzentrationen			
		af en opløsning med ukendt			
		koncentration, bestemmelse			
		af ekstinktionskoefficienten.			

Undervisningsforløbenes rækkefølge, tidspunkt og varighed i indføringsfasen, G11

Faggruppen har aftalt at alle hold i G11 arbejder med indføringsfasens tre obligatoriske emner i følgende rækkefølge:

<i>KEMI OG LIV</i>	<i>(ca. 13 uger)</i>
<i>KEMI OG ENERGI</i>	<i>(ca. 13 uger)</i>
<i>KEMI OG FUNKTIONELLE STOFFER OG MATERIALER</i>	<i>(ca. 10 uger)</i>

Varigheden er som udgangspunkt ca. 13 hhv. 13 hhv. 10 uger per emne og kan efter ny aftale og ved behov efterjusteres af faggruppen. Grundet aflysninger kan der opstå mindre forskydninger mellem holdenes starttidspunkt for et emne på op til 3-4 uger. Med denne synkronisering opnås et bedre grundlag for elevernes profilskift i løbet af første semester i G11.

Undervisningsforløbenes bidrag til tilegnelse og udvidelse af de procesrelaterede kompetencer og opbygningen af basiskoncepterne

Ved at organisere en alsidig undervisning sikres at kemiundervisningen bidrager til udvikling af de procesrelaterede kompetencer. Opbygningen af basiskoncepterne sker vha. af temaernes forskellige fokus og regelmæssig drøftelse af basiskoncepterne i den almindelige undervisning.

Arbejdet på tværs af fag og emner

Der foregår løbende et aktivt samarbejde og dialog mellem naturfagenes undervisere. Faggrupperne gør sig umage med at planlægge temaernes rækkefølge i fagene således at der opnås den bedst mulige tidsmæssige overlapning. Desuden samarbejdes der i tre forskellige fag i profilteamsamarbejdet og i fb. med profilstudieuger.

Inddragelse af læringsmuligheder og projekter udenfor skolen

Muligheder for læring og projekter udenfor skolen i faget kemi er fx feltarbejde i nærområdet (fx Slien) og besøg af virksomheder i gåafstand (vandværket, rensningsanlægget). Desuden organiseres ekskursioner til universiteter (fx Institut for Kemi, Nanoscience ved Århus Universitet).

Fagsprog

Fastlæggelse af ensartede betegnelser og begreber; ensartet formelsprog

Ensartede betegnelser og begreber og et ensartet formelsprog opstår ved at klasserne arbejder med de samme lærebogssystemer (især Isis Kemi, Aurum, Kend Kemien) og ved at underviserne deler forsøgsvejledninger.

Aftaler vedrørende gennemgående sproglig uddannelse

Utilstrækkelig sproglig kompetence er en af de væsentlige årsager for en fiasko i skolen. Især i naturvidenskaberne medfører en mangel på uddannelsessprog og fagsprog til, at eleverne har svært ved at opnå nye erkendelser og at eksisterende forståelse ikke kan formuleres på passende vis (se Leitfaden zu den Fachanforderungen Chemie, 2017, s. 60.). Derfor er sproglig dannelse også en vigtig del af undervisningen i faget kemi. Institutionens og undervisningens sprog er dansk, men der kan til tider bruges engelske eller tyske medier.

Der skelnes mellem tre sproglige niveauer: Hverdagssprog, uddannelsessprog og fagsprog. Karakteristiske forskelle vises i trekanten forneden. I faget kemi er det nødvendigt at benytte sig af et sprog, der er tydeligt forskelligt fra hverdagssproget. Et vigtigt mål for undervisningen er at eleverne i

stigende grad bliver i stand til at læse og forstå tekster med fagsprog. Desuden bør eleverne i stigende grad lære at kommunikere mundtligt vha. et uddannelsessprog, og skriftligt vha. et fagsprog. Hverdagssproget inddrages for netop at fremme denne udvikling med læring af fagbegreber og ny forståelse.

- ikke situationsafhængig
- hovedsageligt skriftligt
- fagbegreber, fagsystematik
- fagsproglige formuleringer

"Ved opløsning af fast natriumhydroxid i vand frisættes bevægelige, hydratiserede natrium- og hydroxidioner. Derved afgives hydratiseringsenergi som omdannes til termisk energi."

- ikke situationsafhængig
- hoved- og ledsætninger
- mundtligt, delvis skriftligt

"Når fast natriumhydroxid opløses, bliver ionerne omgivet af vandpartikler og vandet bliver varmere."

- situationsafhængig
- dialogisk (samtale)
- få hovedord
- mundtligt

"... det opvarmer sig, hvis jeg smider det ind. Det opløser sig ..."



Faget kemi indeholder en yderligere sproglig udfordring ved at der indgår et symbolsprog. Dette anvendes i forbindelse med atomsymboler, kemiske formler og beregninger. Eleverne lærer et symbolsprog, der især anvendes skriftligt, men inddrages både i den mundtlige og skriftlige kommunikation. Symbolsproget er altså del af uddannelses- og fagsproget i kemi.

Fremme og udfordre

Forslag for tilbud for særligt præstationsstærke, motiverede hhv. præstationssvage elever. Tiltag for elever med et højt behov for støtte såsom for særligt begavede elever. Tiltag for elever med forskellige færdigheder og interesser. Udformning af den indre differencering. Tilbud udenfor den almindelige undervisning for særligt interesserede elever

Der arbejdes med differenceret undervisning, der tilgodeser motivationsniveau og både præstationsstærke og præstationssvage elevers behov. Desuden tilbydes en science gruppe med fokus på Slien og lektiecafé i faget kemi. Der tilbydes løbende at støtte deltagelse i science camps og kemiolympiader. Ydermere har særligt interesserede elever mulighed for at lave eksperimenter og modtage særlig vejledning i fb. med 13. årgangsopgaven og Besondere Lernleistung. For sidstnævnte anbefales deltagelse i et studieretningsprojekt (SRP) på et af universiteterne i Danmark.

Sikring af basisviden, bæredygtighed

Tiltag til sikring af viden, der skal kunne genkaldes uden opslagsværker som kemibøger eller leksika

Basisviden defineres klart ved brug af kompetencematricen i delen om fakta og grundviden. Denne gennemgås i undervisningen og efterspørgeres i tests og klausurer.

Medie-, undervisnings- og læremateriale

Anskaffelse af udstyr til eksperimenter og elektroniske medier

Skolens kemisamling har været meget veludstyret siden skolens åbning 2008, men sidenhen blev der målrettet købt nyt udstyr. Idet samlingens budget er ret begrænset blev der skaffet midler vha. ansøgninger til mere bekosteligt nyt udstyr. En betydelig del af måleudstyret er elektronisk og en mindre del kan styres via computer. Faggruppen kemi samarbejder med faggruppen biologi og fysik om at opbygge et wifi-baseret dataloggersystem.

Inddragelse af digitale medier i undervisningen

I faget kemi kan digitale medier bruges i fb. med forskellig software, fx ChemSketch (windows) og MarvinSketch (mac iOS) til at tegne strukturformler og reaktionskeamere, chemix.org til at tegne forsøgsopstillinger, Degintu (degintu.dguv.de) til farevurderinger for kemiske stoffer og forsøg, OpenOffice Calculatur eller Excel til regneark, Logger Lite til dataloggersystemet og i nogle tilfælde egnede film eller filmclips.

Bedømmelseskriterier for bidrag til undervisningen og klausurer

Underviserne er forpligtede til at informere elever og forældre om kriterierne for bedømmelsen, der ligger til grunde for karaktergivningen. Dette sker i begyndelsen af skoleåret og fastholdes i det grønne hæfte. Nedenstående tekst (som overvejende er en oversættelse fra Fachanforderungen) indeholder vigtige informationer om kriterierne for bedømmelsen og underviseren kan ved starten af skoleåret formidle indholdet hhv. læse teksten op. Kilden for denne tekst er fagcurriculum for faggruppen kemi, der er tilgængelig for download fra A. P. Møller Skolens hjemmeside.

Grundlag for bedømmelse og vurdering af præstationer er underviserens iagttagelser af elevernes handling. Ved bedømmelse forstås en kritisk, værdsættende og individuel tilbagemelding på grundlag af de kompetencebaserede kriterier. Herved er diagnose og feed-back under hensyntagen af elevens individuelle læringsproces i fokus. En bedømmelse kan således udledes fra iagttagelse, der orienterer sig ved kriterier. Grundlæggende skal følgende kompetenceområder tilpas indgå i bedømmelsen: Faglig viden og forståelse / udvinding af erkendelser / kommunikation / vurdering.

Bedømmelsesformer skal derfor være målrettet til at underviseren kan evaluere, om eleven har levet op til forventningerne for kompetencerne hhv. læringsmålene. Kontrol af læringssuccesser skal give eleverne mulighed for gentagende og i skiftende sammenhænge at vise deres erhvervede kompetencer.

Elever modtager tilbagemeldinger til deres læringsproces og deres aktuelle faglige standpunkt, der har betydning for elevens selvsvurdering. Tilbagemeldingerne skal også indeholde anbefalinger til de næste trin i elevens individuelle læring og udvikling. Samtidig skal resultaterne fra den løbende evaluering give underviserne mulighed for at evaluere målsætningen og metoden af deres egen undervisning.

For at kunne tage højde for elevernes forskellighed i præstation, personlighed og hele spektret af præstationsmuligheder, skal bedømmelsen inddrage undervisningen forskellige felter:

Undervisningssamtaler

- Deltagelse i undervisningssamtaler med videreførende spørgsmål
- Formuleringer af hypoteser og problemstillinger
- Anvendelse af fagsprog og modeller

Opgaver og eksperimenter

- Formuleringer af hypoteser og problemstillinger
- Organisation, bearbejdning og gennemførsel
- Formulering af fremgangsmåder, iagttagelser, resultater
- Udledning af konklusioner og regelmæssigheder

Dokumentation

- Samling af materialer
- Anvendelse af fagsprog og modeller
- Nedskrivning af noter passende til undervisningens krav
- Dokumentation af forsøgsresultater og opgaver
- Udarbejdelse af læringsdagbøger og portfolios

Præsentation

- Mundtlig og skriftlig præsentation af arbejdsresultater
- Korte foredrag og referater
- Anvendelse af fagsprog og modeller
- Præsentation af bidrag til konkurrencer

Skriftlig kontrol

- Tests, der ikke må vare mere end 20. minutter og går ud over det rent gengivende (dvs. første taksonomiske) niveau.

Underviseren sørger for at eleverne modtager kriterieorienteret feed-back for deres bidrag til undervisningen. Desuden sørger underviseren for kriteriernes transparens (fx vha. kompetencematrixes), hvilket kan ske ved at inddrage læringsgruppen i udarbejdelsen af kriterierne. Ansvar for bedømmelsen ligger dog hos underviseren.

Idet bidrag til undervisningen vægter mere end klausurer, skal vægtningen af de forskellige former for bidrag til undervisningen være transparente.

Dokumentation for præstationsevne (Leistungsnachweis)

Denne del af bedømmelsen er klausurer og skriftlige klausurerstatningsopgaver i hht. "Klassenarbeitserlass". Tests på under 20. minutter gælder ikke som klausur eller klausurerstatning.

Klausurer skal laves således at de er en passende forberedelse til mundtlig og skriftlig studentereksamen. Ved fremstilling af klausurer skal der derfor tages højde til følgende:

Ifølge de i Fachanforderungen formulerede mål skal der sikres at der i klausurer på passende vis både tages højde for indholdsmæssige (faglige) kompetencer og procesrelaterede kompetencer (udvinding af erkendelser og faglige metoder, kommunikation, vurdering og refleksion).

Klausuren sættes sammen af flere opgaver, der som regel kan bearbejdes uafhængigt fra hinanden. Hver af disse opgaver kan opdeles i delopgaver, men må ikke stå sammenhængsløs ved siden af hinanden. Delopgaverne skal være så uafhængige at en ikke besvaret delopgave – især i starten – ikke medfører en stærk hindring for at arbejde videre med efterfølgende opgaver. Skulle det være nødvendigt kan mellemresultater indgå i opgavestillingen.

Følgende former for opgaver er bl.a. mulige: Bearbejdning af et eleveksperiment eller et demoeksperiment, der endnu ikke er blevet gennemført i undervisningen / Bearbejdning af materiale, der ikke blev behandlet i undervisningen / Teoretisk anvendelse af erhvervede kompetencer på en hidtil ikke behandlet problemstilling. Opgaver, der udelukkende kræver essay-form er ikke egnet.

Klausuren skal med øget niveau i stigende grad tage udgangspunkt i flere fagområder.

Ved formulering af opgavestillinger skal der anvendes de i Fachanforderungen givne operatorer. En oversættelse af disse til dansk findes i fagcurriculum for faget kemi i gymnasiet.

Klausuren skal også indeholde operatorer, der forlanger redegørelser ud fra tekster i passende omfang.

I enhver klausur skal der indgå tre taksonomiske niveauer (Anforderungsbereiche). Disse er fakta og grundviden, inkl. fagbegreber (niveau I), anvendelse og analyse (niveau II) og kombination og transfer (niveau III) og indgår ifølge Fachanforderungen für die Abiturprüfung (2011) omtrentlig i forholdet: 40 % : 50 % / 10 %.

Ifølge Fachanforderungen für die Abiturprüfung (2011) ligger følgende tabel til grunde for karakteren i klausuren:

Tilvejebragt præstation	Point		Tilvejebragt præstation	Point
> 95 %	1 (15)		> 55 %	3 (7)
> 90 %	1 (14)		> 50 %	4 (6)
> 85 %	1 (13)		> 45 %	4 (5)
> 80 %	2 (12)		> 40 %	4 (4)
> 75 %	2 (11)		> 33 %	5 (3)
> 70 %	2 (10)		> 26 %	5 (2)
> 65 %	3 (9)		≥ 20 %	5 (1)
> 60 %	3 (8)		< 20 %	6 (0)

I G11 gælder > 40 % som bestået, i G12 og G13 > 45 %. Grundlag for overvejelsen er at eleven skal klare at komme ud over det rent gengivende niveau.

Bemærkninger i klausuren skal støtte elevens næste læringstrin. Evalueringen af klausuren ved udlevering må ikke være begrænset til bedømmelseskriterier. En indholdsmæssig gennemgang af udvalgte fokusområder skal indgå.

Ved bedømmelsen orienterer underviseren sig ved Fachanforderungen für die Abiturprüfung (2011). I indføringsfasen er der større spillerum, men i løbet af G12 og G13 skal kravene for studentereksamen i stigende grad lægges til grunde.

Udover tydeliggørelse af faglig forståelse er også præsentationsformen af betydning, som på passende vis skal tages højde for ved bedømmelsen. Ved graverende mangler i præsentationsformen eller hyppige overtrædelser af den sproglige korrekthed skal der efter den ren faglige bedømmelse fratrækkes op til to point fra 15-pointskalaen. Bliver klausuren fagligt bedømt med 2, 3 eller 4 point, så fratrækkes som regel højst ét point, mens der ved en bedømmelse på 1 point ikke fratrækkes noget point (ifølge Fachanforderungen für die Abiturprüfung (2011)).

Klausurerstatningsopgaver orienterer sig ved omfang af en klausur, inkl. forberedelse og efterbehandling. Herved er der bedre mulighed for at støtte elevens udvikling af procesrelaterede kompetencer. Sammenlægning af flere test som erstatning af en klausur udelukkes.

Konkretiseringer

Faggruppen kemi må konkretisere udformningen af klausurer og klausurerstatninger indenfor ovenstående rammer. Konkretiseringerne er:

Klausurer indgår med mindre vægtning i den samlede helårs- eller semesterkarakter end ovenstående bidrag til undervisningen. Faggruppen kemi vægter kemiklausurer med knap en tredjedel. I semestre uden klausur skrives i stedet journaler og rapporter på basis af et eksperiment og som træning for skriftlighed, hvortil der også afsættes undervisningstid.

Der tilstræbes at bruge de samme operatorer i klausuren som eleverne har arbejdet med i undervisningen.

Det tilstræbes at der ligesom ved mundtlig og skriftlig studentereksamen af underviseren udarbejder en liste af forventninger til klausurbesvarelsen (Erwartungshorizont), der vil ligge til grunde for en transparent evaluering af klausuren og efterfølgende kan udleveres eleven som feed-back og støtte til yderligere læring.

Underviseren vil bruge følgende rettekoder ved bedømmelsen af elevens skriftlige afleveringer (besvarelser af klausurer og tests, journaler, rapporter) (og i tillæg verbaliserede faglige kommentarer):

Markering af typiske sproglige fejl (ét stort bogstav):

R – retskrivning
O – ordvalg
S – sætningsbygning
T – tegnsætning
gr – grammatik
u - udtryk

Markering af typiske faglige og metodiske fejl kan ske med efterfølgende (to til tre små bogstaver):

fb – forkert fagbegreb eller usikkerhed med et fagbegreb
hv – hverdagssprog i stedet for fagsprog
lf – logisk fejl
kf – fejl i kemisk formel
af – forkert eller manglende afstemning af reaktionsskema
tf – forkert eller manglende tilstandsform
rf – regnefejl
eh – forkert eller manglende enhed
ms – forkert eller manglende størrelse
fa – forkert eller unøjagtig aflæsning
bc – betydende cifre
ssp – problemer med symbolsprog

Underviseren tilføjer sin bedømmelse en kort sammenfatning på tre hovedområder:

- Eksempler for kompetencer, eleven allerede har udviklet og gerne ros for arbejdsprocessen.
- De vigtigste kompetencer, eleven bør blive bedre til i meget nær fremtid.
- Hvordan eleven kan videreudvikle disse kompetencer med konkrete anbefalinger (her er det oplagt at lade eleverne redigere dele af deres klausurbesvarelse og genaflevere eller give eleven udvalgte øvelser, der træner nævnte kompetencer, med aflevering).

Klausurerstatningsopgaver (hertil regnes også 13. årgangsupgaver) gennemføres med udgangspunkt i en problemstilling, på grundlag af et forsøg med dataopsamling og databehandling og skrivning af en afhandling i rapportform på basis af vejledningen "Almen forsøgsrapport i gymnasiet" (se bilaget forneden).

Supplement til bedømmelseskriterierne i skolelukningstiden i fb. med COVID-19-pandemien
Dette afsnit er tiltænkt som orienterende og vejledende supplement til bedømmelseskriterierne formuleret i fagcurriculum for naturfagene biologi, fysik og kemi.

Tillæg nr. 1, 01.05.2020

Mht. karaktergivning tager underviseren udgangspunkt i standpunktet umiddelbar før skolelukningen, dvs. op til 13. Marts 2020. Elevers deltagelse og præstationer i fjernundervisningen kan kun lægges ud til elevernes fordel og derfor kun medføre et løft af karakteren i fht. standpunktet den 13. Marts. I de tilfælde, hvor klausuren ikke kunne skrives, gives semesterkarakteren udelukkende på basis af det aktive bidrag til undervisningen.

Undervisningen i skolelukningstiden gennemføres som fjernundervisning i passende tempo. Dette kan i naturfagene, afhængig af tema være noget eller markant lavere end i den almindelige undervisning på skolen (især i G11), hvorfor berørte temaer og kompetencer bør få særlig opmærksomhed for opfriskning og fordybelse i efterfølgende semestre. Den eksperimentelle dimension opretholdes i naturfagene så vidt muligt med fremvisning af eksperimenter, helst med underviserens egne optagelser (fotos, videoer) fra laboratoriet, home office eller i felten eller egnede optagelser fra social media, primært på dansk.

Nedlukningen af skolen og den dermed forbundne fjernundervisning har medført en meget anderledes hverdag for eleverne. Gymnasiastens personlige kompetence spiller en tydelig større rolle end før, og selvansvar for egen læring kan nærmest blive altafgørende for læringsudbyttet i fagene. Idet underviserens mulighed for elevaktivering desværre er noget mere indskrænket selv ved meget velorganiseret fjernundervisning, kræves mere selvdisciplin fra elevens side for at opretholde en faglig og metodisk progression i faget. Denne særlige tid kan derfor bidrage til at styrke elevernes personlige kompetencer, som kan komme eleverne til gode i den efterfølgende tid med almindelig gymnasieundervisning, i videregående uddannelser og ikke mindst livslang læring. Udover den faglige progression er det i denne tid derfor vigtigt, at underviserne støtter eleverne i at reflektere over og styrke udviklingen af deres individuelle personlige kompetencer på anden vis end i den almindelige undervisning.

Klausurerstatningsopgaver

I tilfælde af skolelukning gives en klausurerstatningsopgave som erstatning for en eventuel klausur, der skulle være skrevet under nedlukningen. Som udgangspunkt vil omfanget svare til to lektioner. Klausurerstatningsopgaven afholdes i det tidsrum, hvor der ellers var planlagt en klausur. Klausurerstatningsopgaven tildeles og afleveres via Teams. Det forventes at eleverne har adgang til Teams under klausurerstatningsopgaven. Alternativt til ovenstående kan læreren, hvis det findes pædagogisk hensigtsmæssigt, også vælge at tildele en klasse en afleveringsopgave, fx i form af en rapport.

Alle hjælpemidler er tilladt, dog forventes det at klausurerstatningsopgaven løses selvstændigt, uden hjælp fra andre personer. En klausurerstatningsopgave vægtes mindre end en klausur ved fastsættelse af semester-/halvårs-/helårskaracteren.

Tilpasset pensum

Med udgangspunkt i de, ved semesterstarts, udførte screeninger tilrettelægges årsplanen for de enkelte klasser. Derved tages højde for forsømt pensum samt om enkelte emner bør bortfalde. Det forventes, at eleverne indhenter det pensum, der er gennemgået under skolenedlukningen, skulle der være huller i den faglige viden. Lærerne henviser til materialer. Det er elevens ansvar at indhente det forsømte pensum. Der tilbydes lektiecafe hvor kemipensum kan indhentes, skulle eleverne udtrykke behov herfor.

Evaluering og videreudvikling

Regelmæssig evaluering og videreudvikling af indgåede aftaler

Faggruppen udvikler en feed-back-orienteret undervisningsform, der danner en meget god basis for løbende evaluering. Eleverne evalueres mindst to gange per semester, heraf mindst en gang kollektivt (fx ved tilbagelevering af journaler, test og klausurer) og mindst en gang i enkeltsamtaler. Ved enkeltsamtalerne træffes aftaler mellem lærer og elev.

Regelmæssige aftaler om behov for videreuddannelse

Aftales ved de kommende faggruppemøder ...

LRS

For en del af eleverne er skolegangen betydeligt mere vanskeligt pga. problemer med læsning og retskrivning. Læringsvanskeligheder af denne slags beror på mange forskellige faktorer og træder frem på mange måder. Begreberne, der bliver anvendt indenfor dette område, baserer på forskellige definitioner (læse-skrive-vanskeligheder, ordblindhed, dysleksi). Det hører til skolernes opgave at identificere den individuelle elevs vanskeligheder og behov for støtte. Retningslinjerne herfor er formuleret i en bekendtgørelse fra den slesvig-holstenske skolelov (Förderung von Schülerinnen und Schülern mit Lese-Rechtschreib-Schwäche (Legasthenie) Erlass des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur vom 31. August 2018 – III 315) og i Nachteils- und Notenschutzverordnung (NuNVO) fra Februar 2022.

Årsplaner

Gymnasieunderviserne udarbejder halv- eller helårsplaner for deres konkrete undervisningsforløb. Årsplanerne offentliggøres på skolens intranet under punktet Samarbejde og underpunktet Årsplaner og justeres løbende.

Dette skal støtte læringsprocessen ved at gøre det muligt at eleverne på ethvert tidspunkt kan følge med i, hvad der er blevet bearbejdet og givetvis bør indhentes eller hvad eleven kan forberede sig på til næste lektion. Årsplanerne danner dermed rammen for elevernes selvstændige arbejde og en vikars undervisning.

Udgangspunkt for kemifagets årsplaner er den almene skabelon til årsplaner i filen Aarsplanerskabelon under Arkiv, underpunktet Dokumenter/Faktablade gymnasiet. I denne tilføjer kemiunderviseren en tabel med mindst tre kolonner, der svarer til dem, der findes i det grønne kursushæfte. Kolonnen med kommentarer tjener præcisering af læringsmål, opgaver, afleveringer, øvelser, læsning, lektier mm.

For yderligere præcisering eller supplerung af årsplanen arbejder faggruppen kemi ofte også med kompetencematrixer, hvorefter et eksempel er givet forneden. Disse får eleven udleveret med starten af et undervisningsforløb og giver orientering i hverdagen til selvstændigt arbejde, elevstyret læring og selvevaluering.

Bemærk at der til studentereksamen skal bruges operatorerne ifølge *Regelungen für die Abiturprüfung im Fach Chemie im Jahr 2022* (Anhang 1, Operatorenliste), der delvis fraviger nedenstående liste.

Dato/ uge	Tema	Præciseringer / bemærkninger
1	Introduktion Bedømmelseskriterier Kemiens fire basiskoncepter Sikkerhed i laboratorier	Diskussion: Hvad er kemi? Udlevering af tekst fra fagcurriculum. Udlevering af tekst fra fagcurriculum. Læsning: Opslag x i Isis Kemi C. Øvelse: Faresymboler.
2	Kemi og Energi Forbrændingsreaktioner	Se kompetencematrix Kemi og Energi Læsning: Opslag x, y, z i Isis Kemi C ØV1, ØV2, LF1
3	Kemi og Energi Forbrændingsreaktioner	Se kompetencematrix Kemi og Energi Læsning: Opslag x, y, z i Isis Kemi C ØV1, ØV2, LF1 færdigstilles Opsamling
OSV.		

For at give rum til elevstyret læring kan der gives mulighed for at eleverne kan foretage valg, i hvilken rækkefølge de vil bearbejde aspekter af et delemne mellem starten og afslutning. Varigheden strækker sig ofte over mere end en dobbeltlektion, fx to eller tre dobbeltlektioner, men afsluttes i fællesskab med opsamlinger (gennemgang af opgaver, klassediskussioner). For eksempel vil de fleste elever foretrække først at læse, så at gennemføre opgaver og afslutte med et laboratorieforsøg. Nogle elever vil foretrække en anden rækkefølge og opnår derved bedre læring. Desuden tages der højde for elevernes forskellighed i læringshastighed; nogle udviser på nogle punkter et hurtigere fremskridt end andre og omvendt. Imens eleverne arbejder i mere selvstyrede faser, kan underviseren konsultere eleverne / elevgrupperne og hjælpe eleverne videre efter aktuelt behov eller foretage mikroundervisning i form af faglige samtaler (læring af begreber, forståelse). Kompetencematrixen danner derved en velegnet ramme for differenceret undervisning.

Fælles liste af operatorer for fagene biologi, kemi og fysik

Operatorer bruges til at formulere opgavestillinger til opgaver, øvelser, klausurer mm. Operatorerne kan, men behøver ikke at være tilordnet et bestemt taksonomisk niveau. For nogle operatorer er tilordningen entydig, mens det for nogle vil være afhængigt af opgavestillingens kontekst. **Det følgende viser teksten for operatorer i naturfagene, som den er godkendt af Undervisningsministeriet i Kiel.**

Operatorer i fagene fysik, kemi og biologi

Kildetekst: Regelungen für die Abiturprüfung im Fach Physik [hhv.: Chemie, Biologie] für das Jahr 2026 (Stand April 2024 [hhv.: September 2023, September 2023], Anlage 1: Operatoren im Fach Physik [hhv. Chemie, Biologie]

Kilde:

<https://za.schleswig-holstein.de> [10.7.2025]

> 1. Abitur

> Prüfungsregelungen 2026

> PDF:

Prüfungsregelungen Physik Abitur 2025 Stand 2024 04 29

Prüfungsregelungen Chemie Abitur 2025 Stand 2022 08 26

Prüfungsregelungen Biologie Abitur 2025 Stand 2022 08 26

> deri Anlage 1, s. 13 f (hhv. s. 13 f, s. 12 f)

Dato for kildeteksterne: Stand April 2024 (hhv. September 2023, September 2023)

Ordet 'operator' betegner her et ord, der definerer en arbejdsopgave.

I det følgende forklares operatorer, der anvendes i faget fysik henholdsvis kemi henholdsvis biologi. De svarer til operatorerne i den liste, som IQB har offentliggjort for fagene biologi, kemi og fysik. De anførte operatorer finder også tilsvarende anvendelse i opgaverne til de centrale afsluttende eksaminer. Disse kan med hensyn til deres betydning blive specificeret ved tilføjelser (fx "ved beregning" eller "grafisk"). Tilladte hjælpemidler må bruges til bearbejdning af arbejdsopgaven, medmindre der er tilføjet en supplerende oplysning om det modsatte.

Medmindre der med operatoren er angivet andet, skal fremgangsmåden ved bearbejdningen af opgaven dokumenteres på en sådan måde, at den kan forstås af en fagkyndig person.

I enkelte tilfælde kan der forekomme operatorer, der ikke er anført her på listen, hvis man kan gå ud fra, at deres betydning kan udledes af den konkrete kontekst (fx "skrive på", "krydse af", "udføre": udføre et eksperiment).

(Med enkelte nedenfor angivne undtagelser er operator-definitionerne fælles for de tre fag).

Operator	Forklaring
Konkludere, ulede (ableiten)	Drage sagligt passende konklusioner baseret på erkendelser eller data
Estimere (abschätzen)	Angive størrelsesværdier med afsæt i begrundede overvejelser
Analysere (analysieren)	Målrettet mod et specifikt spørgsmål uddrage vigtige bestanddele, egenskaber eller sammenhænge <i>Kemi derudover:</i> Eksperimentelt teste en sags sammenhænge
<i>Kun kemi:</i> Opstille, formulere (aufstellen, formulieren)	Udvikle kemiske formler, ligninger, reaktionsligninger (ord- eller formelligninger) eller reaktionsmekanismer
Formulere en hypotese (Hypothesen aufstellen)	Formulere en formodning, som begrundes fagligt funderet, om et ukendt forhold
Angive, nævn (angeben, nennen)	Opliste eller gengive formler, regler, en sags (eller flere sagers) sammenhænge, begreber eller data uden nærmere forklaring
Evaluer (auswerten)	Kontekstualisere og sætte observationer, data, enkeltresultater eller informationer i en sammenhæng og drage konklusioner på grundlag af det
Begrunde (begründen)	Præsentere grunde til eller argumenter for en fremgangsmåde eller for en situation på en forståelig måde
Beregne (berechnen)	Beregningen skal præsenteres på grundlag af en tilgang
Beskriv (beschreiben)	Formulere observationer, strukturer, en sags (eller flere sagers) sammenhænge, metoder, procedurer eller sammenhænge på en struktureret måde og ved hjælp af fagsprog
Vurdere (beurteilen)	<i>Kun fysik, biologi:</i> Vurdere en sags sammenhænge ud fra faglige kriterier og formulere en faglig konklusion <i>Kun kemi:</i> Den faglige konklusion, der efterspørges, skal begrundes med hjælp af faglige kriterier
Bedømme (bewerten)	<i>Kun fysik, biologi:</i> Bedømme en sags sammenhænge på baggrund af samfundsmæssige værdier og normer og derigennem nå frem til en værdibaseret konklusion <i>Kun kemi:</i> Den værdibaserede konklusion, der efterspørges, skal begrundes under hensyntagen til samfundsmæssige værdier og normer
Præsentere, illustrere (darstellen)	Formulere strukturer, en sags (eller flere sagers) sammenhænge eller sammenhænge på en struktureret måde og ved hjælp af fagsprog, også ved hjælp af tegninger og tabeller

Diskutere (diskutieren)	Stille argumenter for eller imod et udsagn eller en tese overfor hinanden og afveje dem mod hinanden
Forklare (erklären)	Forklare en sags sammenhænge forståeligt ved at præsentere dem som en følge af regler og lovmæssigheder
Gør rede for (erläutern)	Præsentere eller illustrere en sags sammenhænge og gøre dem forståelige ved hjælp af supplerende oplysninger
Bestemme (ermitteln)	Bestemme et resultat eller en sammenhæng ved hjælp af beregninger, grafisk eller eksperimentelt
Udlede (herleiten)	Etablere en sammenhæng mellem fysiske henholdsvis kemiske størrelser ved hjælp af kendte lovmæssigheder
Fortolke (interpretieren, deuten)	Sætte naturvidenskabelige resultater, beskrivelser og antagelser ind i en forståelig sammenhæng på baggrund af et spørgsmål eller en hypotese
Inddele (ordnen)	Systematisk sortere, inddele, kategorisere eller klassificere begreber eller genstande på grundlag af bestemte egenskaber
Planlægge (planen)	Udvikle og dokumentere (også eksperimentelle) løsningsveje til en given problemstilling
Skitsere (skizzieren)	Præsentere eller illustrere en sags (eller flere sagers) sammenhænge, processer, strukturer eller resultater i en overskuelig grafisk form
Undersøge (untersuchen)	Udforske en sags (eller flere sagers) sammenhænge eller fænomener ved hjælp af fagspecifikke arbejdsmetoder
Sammenligne (vergleichen)	Udarbejde overensstemmelser og forskelle på grundlag af kriterier
Tegne (zeichnen)	Gengive objekter grafisk eksakt

Supplerende oplysninger om niveauområder

Niveauområder (taksonomiske niveauer) (Anforderungsbereiche)

- I: Kendskab til stoffet (fagbegreber, definitioner, principper). ("ord")
Genfortælling, referat, iagttagelse (forståelse ikke nødvendig! (0-4Pt))
- I+II: Redegørelse (er reproducerende, men skelner mellem væsentligt og uvæsentligt (4-7Pt)),
- II: Anvendelse og analyse af stoffet ("gramatikken")
undersøge, forklare, analysere, fortolke, systematisere, sammenligne (kræver forståelse (7-12Pt!))
- III: Refleksion, selvstændig omgang med resultater fra analyse og fortolkning. Overføre observationer til modeller, diskutere, fortolke, tage stilling til, objektiv vurdering, perspektivere (*kombination og transfer*) (13-15Pt.)

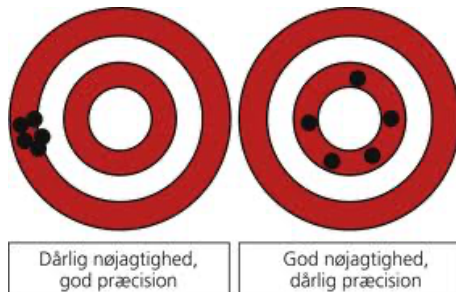
Sproglighed: Husk at bruge passivt sprog. Og anvend så meget fagsprog som muligt: Spar ikke på relevante fagbegreber – din underviser skal nok kunne forstå dem.

Supplerende oplysninger om fejltyper

Nøjagtighed og præcision

God præcision: *variationen* mellem enkeltbestemmelserne er lille.

God nøjagtighed: prøvningsresultatet (gennemsnit $\bar{X}$ af to eller flere) ligger *tæt på* den *sande værdi*.



OPGAVE: Tegn endnu et bulls-eye med et eksempel på både god præcision og god nøjagtighed.

Fejltyper

I tilfælde, hvor der *ikke opnås* en *stor nøjagtighed* eller en *god præcision*, er der begået en fejl under forsøgsudførelsen eller under udregningen.

Der findes 3 typer fejl:

- grove fejl
- systematiske fejl
- tilfældige fejl

Grove fejl

Prøvningsresultatet kommer til at ligge langt fra den rigtige værdi

Eks.

- a) fejlaflæsning, f.eks. antal mL på en burette
 - b) fejlindtastning på lommeregner
 - c) beregning efter forkert formel
-
- a) kan næsten altid elimineres ved altid at udføre mindst 2 bestemmelser på samme prøve. Ligger de langt fra hinanden, gentages de.
 - b) vil ligeledes ofte blive opdaget, ved udførelse af mindst 2 bestemmelser, eller når en anden kontrollerer beregningen.
 - c) kan være sværere at opdage. Den findes lettest ved at sammenligne prøvningsresultatet med et kendt resultat (fra litteraturen eller måling på en prøve, der skal levere en kendt værdi).

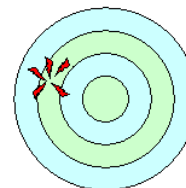
Systematiske fejl

Er fejl, der trækker alle prøveresultaterne i en bestemt retning. Dvs. nøjagtigheden er lav, men præcisionen er god.

Systematiske fejl er *altid små fejl*, hvorfor de er svære at opdage.

Eks.

- a) forkert afpipetteringsteknik
- b) forkert kalibrering af apparat



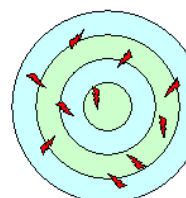
Det er tit svært at bestemme hvad fejlen skyldes. Nogle muligheder er, at lade en anden udføre prøvningen, eller at anvende et andet apparat. Det vil være en fordel at måle på en prøve, der skal levere en kendt værdi inden metoden anvendes på prøver med ukendt sammensætning.

Tilfældige fejl

Nøjagtigheden er stor, men præcisionen er dårlig. Denne type fejl skyldes usikkerhed ved metoden, på apparaturet og på den måde operatøren arbejder på.

Præcisionen kan øges ved:

- anvendelse af glasudstyr med mindre usikkerhed, dvs. målekolber og fuldpipetter. Jo større disse er, jo mindre er usikkerheden.
- Afvejning på analysevægt. Der kan evt. afvejes en større mængde, hvorved usikkerheden bliver mindre.
- Anvende apparatur, hvis præcision kontrolleres og findes i orden.
- Operatøren må prøve at være mere omhyggelig med alle arbejdsoperationer.



Selv med den største omhu vil prøveresultaterne altid være behæftet med tilfældige fejl. Men størrelsen af disse bør være minimeret.

Beregning af nøjagtigheden

Hvor tæt bestemmelsen $\bar{X}$ ligger på den sande værdi μ (haves måske i form af et dataopslag) kan udtrykkes som % *genfinding* eller som % *relativ fejl*:

$$\% \text{ genfinding} = \frac{\bar{X}}{\mu} \cdot 100\%$$

% genfinding skal være så tæt på 100 % som muligt. Det ses, at % genfinding kan være både større og mindre en 100 %.

$$\% \text{ relativ fejl} = \frac{|\bar{X} - \mu|}{\mu} \cdot 100\%$$

% relativ fejl (% afvigelse) skal være så tæt på 0 % som muligt. Størrelsen vil altid være over 0 % på grund af den numeriske værdi i tælleren.

% genfinding og % relativ fejl udtrykker det samme, idet *afstanden mellem den beregnede værdi og 100 % hhv. 0 % er den samme*.

Beregning af præcisionen

Hænger sammen med den aktuelle måleusikkerhed (størrelsen af *tilfældige fejl*).

Vi kan hertil beregne % relativ afvigelse fra gennemsnittet til at udtrykke % relativ usikkerhed:

$$\% \text{ relativ afvigelse} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

Beregning af standardafvigelse

Standardafvigelsen (eller spredningen) bruges inden for sandsynlighedsregning og statistik og er et udtryk for, hvor meget en stokastisk variabel (en variabel, hvis værdi påvirkes af tilfældigheder) fordeler sig omkring sin middelværdi.

For diskrete værdier kan standardafvigelsen σ beregnes efter følgende ligning:

$$\text{Var}(X) = \sigma^2 = (x_1 - \mu)^2 \cdot f(x_1) + (x_2 - \mu)^2 \cdot f(x_2) + (x_3 - \mu)^2 \cdot f(x_3) + \dots \quad \text{Var - varians}$$

$$\sigma = \sqrt{[(x_1 - \mu)^2 \cdot f(x_1) + (x_2 - \mu)^2 \cdot f(x_2) + (x_3 - \mu)^2 \cdot f(x_3) + \dots]}$$

Beregning af standardafvigelsen forudsætter normalt et større antal stikprøver. I praksis kan standardafvigelsen for et sæt stikprøver regnes med lommeregneren eller excel (fx funktionen STABW.N). Med fordel kan også sandsynlighedspapiret (normalfordelingspapiret) bruges.

Regneeksempel: Her beregnes standardafvigelsen for følgende måleværdier: 15, 14, 16, 12, 12, 12.

Første beregnes middelværdien μ , som er 13,5. Denne indsættes i ligningen med værdierne $x_1 = 15$, $x_2 = 14$, $x_3 = 16$, $x_4 = 12$. Bemærk at der er seks værdier, således at frekvensen (hyppigheden) for værdien 15 er 1/6, men for værdien 12 er 3/6, idet værdien 12 forekommer tre gange.

$$\sigma = \sqrt{[(15 - 13,5)^2 \cdot 1/6 + (14 - 13,5)^2 \cdot 1/6 + (16 - 13,5)^2 \cdot 1/6 + (12 - 13,5)^2 \cdot 3/6]}$$

$$\sigma = 1,61.$$

Det betyder den målte værdi med ca. 66 % sandsynlighed ligger 1,61 omkring middelværdien, dvs. mellem $(13,5 - 1,61)$ og $(13,5 + 1,61)$, altså mellem 11,89 og 15,11.

For et lavt antal stikprøver kan man nøjes med at beregne et estimat af standardafvigelsen, hvor variationsbredden deles med en konstant d, der er afhængig af antallet af værdier:

$$\sigma_{\text{estimat}} = [\max(x) - \min(x)] / d$$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

For værdierne i ovenstående regneeksempel er

$$\sigma_{\text{estimat}} = [\max(x) - \min(x)] / d = [16 - 12] / 2,534 = 1,58$$

Beregning med excel (vha. funktionen =STAB.N []) leverer 1,61.

Bemærk at standardafvigelsen får samme enhed som værdierne, fx mg/L.

Betydende cifre

Når et prøvningsresultat skal angives, skal det antal cifre, der er i tallet, være udtryk for den nøjagtighed og præcision, hvormed tallet er bestemt.

Eller sagt på en anden måde: et udtryk for den usikkerhed, der er på tallet.

Eksempel: et tal på lommeregneren: **0,053261887**.

Cifrene kan opdeles i *sikre* og *usikre*, hvor de sikre altid starter fra vestre. Antal sikre cifre afhænger fra den nøjagtighed og præcision, hvormed tallet er bestemt.

Det kunne f.eks. give følgende inddeling: 0,053261887


Den korrekte angivelse af tallet bliver så: 0,0533

idet netop *ét af de usikre cifre* (markeret med understregning) medtages. Udeladelsen af de øvrige cifre sker ved at runde op eller ned, afhængigt af det følgende ciffer.

Tallet kan skrives på *flere lige korrekte måder*,

f.eks: 0,0533 eller $5,33 \cdot 10^{-2}$ eller $533 \cdot 10^{-4}$

Ligegyldigt hvordan tallet skrives, har det **3 betydende cifre**, nemlig 5, 3 og 3, hvoraf det sidste er usikkert.

Det ses, at *O'er foran andre cifre er uden betydning*. Disse afhænger udelukkende af, om tallet angives med eller uden 10-er potens. *O'erne efter andre cifre er derimod betydende*. De er udtryk for, at værdien på dette ciffer er netop 0 og ikke nogen anden værdi.

Antallet af betydende cifre skal afpasses med, at usikkerheden ligger på det sidste betydende ciffer.

*I mellemregninger skal der mindst være **ét betydende ciffer mere end i resultatet**, for at undgå, at afrunding af tal undervejs i beregningerne bidrager yderligere til usikkerheden på resultatet.*

Eksempel: $V = V_1 + V_2 + V_3 = 100 \text{ mL} + 10,00 \text{ mL} + 5,00 \text{ mL} = 115,00 \text{ mL}$

Resultatet skal derfor skrives: $V = 115 \text{ mL}$, idet kun det første af de usikre cifre må medtages.