

Productietechnologie

Hoofdstuk 1 Inleiding tot de industriële prodtechn

- Omschrijving en situering

- **Productie:** voortbrenging van maatschappelijke goederen, scheppen van nuttigheid, bevrediging vd maatschappelijke behoefte. (gebruik van technologie)
- **Technologie:** leer vd bewerkingen die natuurproducten moeten ondergaan om ze ten dienste vd industrie te laten functioneren; leer vd bewerkingen en mechanische hulpmiddelen en vd methoden die met de fabricage samenhangen.
- **Prodtechn:** het op een systematische manier toepassen van wetenschappelijke kennis en inzichten om een maatschappij of gemeenschap te voorzien van hun behoeften en verlangens, in termen van goederen en diensten.

p.1-2: figuur!

Industriële productie -> maakt deel uit van bredere economische context

- Economische activiteit indelen in 4 sectoren
 - Primair: levert GS en voedsel en omvat de sectoren landbouw, veeteelt, jacht, visserij en delfstoffenwinning
 - Secundair: bedrijven en activiteiten die GS verwerken (industriële productie!)
 - Tertiair: doorverkoop aan consument
 - Quartair: niet-commerciële dienstverlening, bv door de overheid gesubsidieerde diensten

Structuur => classificatie vd economische activiteiten (EU)

- NACE (nomenclature statistique des activités économiques dans la communauté européenne)
- 4 niveaus: rubrieken met lettercodes (secties); rubrieken met code van 2 cijfers (afdelingen); rubrieken met code van 3 cijfers (groepen); rubrieken met code van 4 cijfers (klassen)

+ structuur van econ activiteiten door VN: international standard industrial classification of all economic activities (ISIC)

- Historische context

Ontstaan industriële prod: 18^e eeuw (stoommachine)

- men was in staat om de principes van natuurkunde, mechanica, en prodtechniek toe te passen voor ontwerp van bruikbare en rendabele werktuigen (opkomst mechanische industrie)
- 1^e industriële revolutie!! => opkomst industriële bedrijven + bijeenbrengen v productiemiddelen (arbeid, machines en gereedschappen) + spoorwegen en stoomscheepvaart

2^e industriële revolutie

- 20^e eeuw, opkomst elektrificatie, ijzer wordt staal, verbrandingsmotor, aardolie,...

3^e industriële revolutie?

- miniaturisatie = microtechnologie
 - manipuleren, plaatsen en meten van producten op $100 \cdot 10^{-6}$ m schaal (precisiefabricage)
 - nanotechnologie (batterijen, zonnecellen,...)
- biotechnologie: studie en gebruik levende organismen voor productie chemische stoffen, materialen en bio-energie, betrokken bij fysica en chemie.

Kleuren vd biotechnologie:

- groen: landbouw + voedsel; genetisch georganiseerde organen(ggo's)
- wit: industriële sector; voortbrengen chemicaliën, energie, materialen,...
- rood: geneeskunde; ontwikkeling nieuwe vaccins
- blauw: marine (zee) organismen (algen)

- [produceren in een industriële omgeving](#)

verschillende fasen en taken van industriële productie beschrijven

- [Productontwikkeling](#)

Productplanning: kijkt de behoeften van de markt, bedenkt nieuwe ideeën en concepten voor nieuwe generaties van producten; fase waarin eigenschappen van product, verwachte productaantallen en doelprijsstelling vastgelegd worden; taak van marketing; conceptontwerp maken

Productontwerp: uitwerken van concept tot gedetailleerd ontwerp; mbv computer en techn tekeningen wordt gedet ontwerp gemaakt; geeft info over vorm en afmetingen v product; rekening houden met techn processen om tot product te komen

programma van eisen opstellen

- Relatieschema: -functie moeten samenhangen -> compromissen sluiten!!!
 - materiaal
 - proces

levenscyclus vh product (LCA=life cycle analysis)

- ontginnen GS
- design/ontwikkeling product
- distributie/verkoop
- productie
- gebruik
- recycleren ipv weggooien -> primaire GS uit oud product halen om nieuwe levenscyclus te starten = circulaire economie

ontwikkelingstijd: tijd tss ontwikkeling en productierijp
productlevensduur

product-
kentallen

productlevenscyclus: tijdsduur waarin product met succes verkocht wordt
totaalserie: totaal aantal modellen van 1 product geproduceerd

- productie technologisch bekeken: productieproces + procestechnologie

productieproces(PP):

def: reeks van gebeurtenissen geordend in de tijd, waarbij een ingangproduct wordt omgezet in een uitgangproduct met toegevoegde waarde.

Natuurlijk PP: gebaseerd op chemische,... reacties (bv fotosynthese); mens weinig impact

Technisch PP: mens heeft impact

Verskillende productieprocessen afh. Vd manier v produceren:

- **stuksproductie:** stuk voor stuk geproduceerd; hoge kostprijs, unieke specificaties, arbeidsintensief (=project gestuurd werken)
- **serieproductie:** in 1 run meerdere producten vervaardigd; inzetten grote machines; lage kostprijs, weinig ruimte vr klantspecifieke wensen (maar stilaan beter door mass-customization, verwerken van klantspecifieke behoeften op grote schaal), niet arbeidsintensief
- **flowproductie:** productieproces dat nooit stopt; bulkproductie (petrochemie en hoogovens); hoge investering maar lage arbeids – en operatiekosten; lage kostprijs; ook wel level production of continue productie

meeste PP bestaan uit beperkt aantal operaties = eenheidsoperaties.

Procestechnologie of proces engineering:

Behoort tot de kerntaken van vele id industrie tewerkgestelde ingenieurs en omvat ontwikkeling en optimalisatie v PP's.

Def: de studie vd in industrie voorkomende mechanische, fysische, chemische en biochemische eenheidsbewerkingen

- **Mechanische bewerkingen:** uitoefenen van mechanische krachten op de te bewerken stof; stof zal bv veranderen van vorm
- **Fysische of natuurkundige bewerkingen:** verandert toestand waarin de stof zich bevindt, verandering van temp, aggregatietoestand,..
- **Biochemische bewerkingen:** veranderen stof wel, chemische samenstelling verandert (chemische reactie)
- **Eenheidsbewerkingen**

In volledig PP komen verscheiden eenheidsbewerkingen voor. Regels voor onderscheiden van eenheidsoperaties:

- GS worden voorbehandeld voordat ze gebruikt kunnen worden voor de bereiding van gewenste product. (gebroken, gemalen, zeven, drogen, voorverwarmen,..)

- GS worden getransporteerd naar apparaat waarin chemische reactie moet plaatsvinden.
 - Reactor(ketel, vat, buizen,..), plaats waarin chemische reactie plaatsvindt; hierin wordt uit ingevoerde stoffen de gewenste stof verkregen (onder juiste druk, temp,...); ook productie bijproducten; ook deel onveranderde GS
 - Zuiveren v/h product dat de reactor verlaat, afscheiden onveranderde GS en bijproducten
 - Verpakking product en afleveren aan afnemers
- fig p8!!

-procesontwikkeling

altijd nieuwe producten of vernieuwde producten op markt brengen dus altijd nieuw processen uitvinden en ieder nieuw proces moet ontwikkeld worden, dit is procesontwikkeling.

- **Laboschaal:** deskundigen experimenteren, ontdekken de bewerkingen die de GS moeten ondergaan, hierbij moet zo hoog mogelijke opbrengst verkregen worden, (!rendement=verhouding t/s werkelijk verkregen opbrengst en maximaal mogelijke opbrengst, moet zo klein mogelijk zijn), zoeken naar methode met zo weinig en eenvoudig mogelijke bewerkingen en goedkoop mogelijke apparatuur; worden uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden
- **Pilootschaal:** proeven uitgevoerd op grotere semi-technische schaal
- **proeffabriek:** volledige fabriek, op kleine schaal dus nog controleerbaar
- **productiefabriek:** grotere machines en apparaten om grote hoeveelheden te produceren

-procesvoorstellingen:

1. **blokschema's:** 'treintje' p6

2. **stromingsschema's:** (=flowdiagram) blokschema's, maar met eenvoudige rechthoek, spreekt meer tot verbeelding, is realistischer, meer info over debiet, P, temp,.. (PID=proces and instrumentation diagram)

3. **materiaal- en energiebalansen:** soort boekhouding van alle hoeveelheden die proces in- en uitgaan, alles wat binnenkomt moet ook weer naar buiten (bv wet van behoud van energie)

- productie economisch bekeken: productieprijis en verkoopprijis

fig p 10 !

kostprijscalculatie: offertecalculatie(materiaal- en bewerkingskosten) => voorcalculatie (definitieve uitwerking ontwerp) => nacalculatie (product afgewerkt)

productiekostprijs opgebouwd uit kostenfactoren:

- **uitvoeringskosten:** materiaal-, machine-, arbeid- en gereedschapskosten
- **kosten voor herhaalopdrachten:** voorbereidende kosten (=kosten voor administratieve werkvoorbereiding, inrichtkosten, aanloopkosten,...)
- **voorbereidings- of eenmalige kosten:** kosten voor technische werkvoorbereiding en productgebonden uitrusting

- **indirecte kosten voor productiefaciliteiten:** kosten voor inkoop, planning, voorziening gebouwen, verwarming, verlichting,...

p11!!

- Productie organisatorisch bekeken: productiebedrijf en rol van ingenieur
- *Het productiesysteem en zijn omgeving*

Productiesysteem = begrensde complex van mensen en middelen, bijeengebracht om in een geordend verband een pakket van gelijksoortige of anderszins bij elkaar passende producten voort te brengen.

p. 12 !

Industriële productie gekenmerkt door:

- Marktkennmerken zoals wereldmarkt, overcapaciteit en kritische veeleisende klanten
- Kenmerken van producten en productieprocessen die daaruit voortvloeien, zoals hoge productiecomplexiteit, groot aantal productvarianten, korte productlevenscycli, korte levertijden, hoge productkwaliteit en hoge druk op productiekosten

P 13!!

Criteria waarop productiesystemen worden geclassificeerd:

- **Mate waarin klantenorder productie stuurt:** ontwerpen en produceren op roder -> K.O.O.P. (klantenorder ontkoppelpunt; = punt in productieketen van waaraf de productie door klantenorder wordt gestuurd)
- **Seriegrootte van orders:** massaproductie, serieproductie en enkelstuks- of projectmatige productie
- **Plaats in bedrijfskolom:** bedrijfskolom is een begrip voor verschillende participanten die bijdragen in opeenvolgende stappen die een product doormaakt voordat het bij de klant is. Obv plaats in bedrijfskolom wordt onderscheid gemaakt tussen: basisproductiesysteem (gebruikt natuurlijke GS); omzettingssysteem (basisproductiesysteem -> verscheidenheid v industriële en gebruiksproducten); fabricagesysteem (omzettingssysteem -> nog grotere verscheidenheid v producten); assemblagesysteem (combineert producten v fabricagesystemen tot eindproducten)
- **Inrichting van productieafdelingen:** ! slide 14! + celproductie: fabriek in fabriek = kleine groepen medewerkers zijn verantwoordelijk voor vervaardiging van product
- *Goederenstroombesturing*

= logistieke besturing -> taak: GS op tijd voorzien

logistiek: organisatie zodat producten op juiste moment, manier en met juiste middelen gemaakt worden met zo min mogelijk kosten

- in relatie met SCM (supply chain management of integraal ketenbeheer): principe waarbij door middel van verbetering processen en samenwerking een beter functioneren van deelnemende bedrijf id keten ontstaat

plannings- en besturingssystemen voor voorraadbeheersing:

- **voorraadgestuurd systeem:** als voorraad onder bepaald punt komt, bijbestellen.
Best: leveren v product net voordat het nodig is (=just-in-time)
- **programma gestuurde systemen of material requirements planning (MRP):** uitgaan van bekende of verwachte leveringen v eindproducten en dan behoeftes vooraf berekenen
- *organisatiestructuren*

indeling:

- **Hiërarchische indeling:** lijnorganisatie (1 baas); lijn-staforganisatie (extra staf met adviserende, informerende en coördinerende bevoegdheid); functionele organisatie (verschillende bazen); matrixorganisatie (2 bazen: aangestelde functionaris bepaalt uit te voeren werk en wanneer, lijnfunctionaris bepaalt hoe werk uit te voeren en vertegenwoordigt belangen afdeling)
- **Indeling naar de opbouw vd productiestructuur:** bij massa- of grootserieproductie sprake van productgerichte organisatie; bij kleinserieproductie sprake van procesgerichte productiestructuur
- *rol van de ingenieur*

ontwerpingenieurs: selecteren te gebruiken materialen en productieprocessen, moet kennis hebben over materiaaleigenschappen en technologische aspecten van productie

- hulp van procesingenieurs: selecteren, coördineren en organiseren v specifieke processen en apparatuur tijdens productie; heeft technologische **kennis** van de grondslag en toepassingsmogelijkheden van allerhande processen en machines en gedrag van soorten materialen
- materiaalingenieur: kennis gedrag materialen en manier van bewerken voor verkrijgen gewenste eigenschappen
- *Productkwaliteit*

= mate waarin het product bruikbaar is voor gestelde doel

= mate waarin product overeenkomt met verwachtingen klant

- Kwaliteit product is resultaat van kwaliteit organisatie -> integrale kwaliteitszorg en totale kwaliteitsborging

Internationale normen voor opzetten kwaliteitssysteem -> zie p 17

EN- normen -> zie p 18 !

- *Criteria voor het beoordelen vh productiesysteem*
- **Productiekosten:** eenmalige kosten (1x om product te vervaardigen); kosten voor herhaalopdrachten (om serie producten te vervaardigen); repeterende of uitvoerende kosten (keren voor elk product terug)

- **Productiesnelheid:** hoge snelheid => proces sterk geautomatiseerd, eenmalige kosten en kosten voor herhaalopdrachten hoog, geschikt voor grote productaantallen
- **Flexibiliteit:** mate waarin systeem kan worden aangepast aan nieuwe of gewijzigde producten of productaantallen
- **Kwaliteit:** producteig, prijs, levertijd en service vormen samen kwaliteit van product -> uitvalsfractie u
- **Milieueffecten:** milieuzorg (voorkomen ontstaan van schadelijke stoffen en effecten); MET-factoren p 20!

P 20-23 lezen in cursus!

Hoofdstuk 2 Materie en GS

Materie: massa en volume

Materiaal: stof die verwerkt is tot concreet product of halffabricaat

- [Structuur van materie](#)

Stoffen uit atomen; atomen zijn kleinste hoeveelheid materie waaruit stoffen zijn opgebouwd; atomen vormen chemische bindingen

90 natuurlijke elementen of elementaire stoffen (= zuivere stoffen die noch via chemische noch via elektrische weg kunnen ontbonden worden in nog eenvoudigere zuivere stoffen)
! figuur p 25!

- [Opbouw van een atoom](#)

Atoom -> protonen + neutronen (atoomkern) en elektronen (rond kern)

p 27 !

elk element: - atoomnr $Z = \#p^+ = \#e^-$

- atoommassa = $\#p^+ + \#n = \text{massagetal } A$

isotopen = gelijke kernlading, verschillend $\#n$; chemisch gelijk, fysisch verschillend

model van Bohr -> e^- in bolschillen rondom kern

- Opbouw schillen bepaalt chemische eigenschappen van atoomsoorten

Schrödinger: golfvergelijking -> geeft de waarschijnlijkheid aan waar een e^- met bepaalde E kan worden aangetroffen; ruimte rond kern waar e^- met bepaalde E het meest waarschijnlijk is, noemt men orbitaal; E niveau orbitaal bepaald door hoofdkwantumgetal n ; orbitaal kan niet eender welk niveau aannemen (gekwantiseerd)

Orbitaal: - laagste E niveau is niveau met hoofdkwantumgetal 1 (1s-orbitaal -> bolsymmetrisch orbitaal)

- volgende E niveau: 4 orbitalen -> 1 2s-orb en 3 2p-orb
- 3^e E niv: één 3s-orb, drie 3p-orb en vijf 3d-orb

p 28 !

Regels voor verdeling e- over orbitalen:

- **Aufbauprincipe:** orbitalen met laagste E worden eerst gevuld; alle orbitalen ontvangen e- alvorens een orb een 2 e- ontvangt (regel van Hund)
- **Pauli-principe:** elk orb max 2 e-, indien orb 2 e- moet deze een tegengestelde draairichting (elektronenspin) hebben; e- spin veroorzaakt magnetisch moment
- [Atoombindingen en moleculen](#)

valentie-e- bepalen chemische eigenschappen

Edelgasen: atoomsoorten met volledig gevulde buitenste elektronenschillen en dus chemisch inactief zijn

Streven naar edelgasconfiguratie door bindingen tussen atomen, er ontstaan moleculen.

Atoomsoort gedraagt zich als metaal als het e- afstaat; als niet-metaal als het e- opneemt.

Metalloïden of semi-metalen: elementen met eigenschappen van metalen en niet-metalen. Bv boor, silicium en germanium.

3 soorten primaire bindingen tss atomen:

- **Ionbinding of heteropolaire binding:** metaal + niet-metaal; binding ontstaat door elektrostatische aantrekkingskracht tussen verschillend geladen ionen.
- **Covalente binding of homopolaire binding:** edelgasconfiguratie verkregen doordat één of meerdere valentie-e- van elk atoom gelijktijdig tot beide atomen horen; komt voor bij niet-metalen of metalloïden; zowel tss dezelfde als verschillende atoomsoorten; covalente binding ontstaat doordat atoomorbitaal van het ene atoom overlapt met atoomorbitaal van andere atoom waaruit een gemeenschappelijk molecuulorbitaal (bevat 2 e- afkomstig uit afzonderlijke atoomorbitalen, hebben tegengestelde spin); de lineaire overlap (overlap tss 2 orbitalen die binding vormen symmetrisch langs as tss beide kernen) is beste overlap en heet **-binding**; door zijdelingse interactie van parallel aan elkaar staande p-orbitalen ontstaat 1 nieuw molecuulorbitaal, -orbitaal, waarin 2 e- met tegengestelde spin kunnen plaatsnemen, ontstaan van **-binding**; + p 30!
- **Metaalbinding:** gemeenschappelijke valentie-e- zijn niet beperkt tot enkele atomen maar behoren tot geheel kristal; metaalkristal is stapeling van pos geladen ionen waarin valentie-e- zich vrij kunnen bewegen; e-gas verzorgt de binding; valentie-e- zijn niet aan bepaalde plaats gebonden, overige e- worden aan pos geladen ionen gebonden; moeilijk te breken; goede geleiders voor elektrische stroom.
- **Zie p 29-30 voor vb !**

Optimale afstand tss 2 atomen heet bindingslengte, maximale Ewinst bij bij vormen v binding tss 2 atomen is **interatomaire** bindingsE(ook E nodig om binding te verbreken), hoe meer E afgegeven hoe sterker binding.

Bindingslengte en bindingsE zie tabel p 31!

- **Elektronegativiteit en polariteit**

Elektronegativiteit: relatieve aantrekkingskracht die de kern ve atoom uitoefent op de e- ve covalente binding (p31)

Als 2 atomen met verschillende elektroneg binding aangaan, ontstaat een permanente dipool.

= geeft deellading in de polaire molecule weer
symmetrische molec zijn apolair

geïnduceerde pool: ontstaat wanneer door beweging van e- in molecule gebiedjes ontstaan waar de lading niet evenredig is. p 32 !

- **Intermoleculaire krachten**

= fysische krachten

Actief tss moleculen onderling of tss moleculen en ionen.

- **Van der waals of secundaire bindingen** berusten op fysische aantrekkingskrachten tss de geïnduceerde polen -> verzamelnaam voor verschillende bindingen tss moleculen

Deze secundair bindingen zijn zwakker dan primaire maar fysische eigenschappen (smelt- en kookpunt, mengbaarheid, oplosbaarheid,.. bepaald door intermolec krachten

Vb p 32! -> **waterstofbrug**

Polariseerbaarheid: mate waarin een verstoring van de e-verdeling id molecule kan veroorzaakt worden door een andere molecule; bepaalt gemak waarmee molecule van der waalskrachten kunnen ondergaan; moleculen met grote, diffuse e-wolk hebben grote polariseerbaarheid omdat de e- niet zo sterk rond de atoomkernen worden gebonden

Grootte van contactopp tss naburige moleculen bepaalt van der waalskrachten.

- **Aggregatietoestanden**

= macroscopisch fysisch voorkomen van een stof

Afh van p en T kan materie voorkomen als vaste stof, vloeistof of gas.

Alle moleculen bezitten hoeveelheid Ek die bestaat uit translatie-, vibratie-, rotatie- en elektronsiche E.

Toestand wordt bepaald door balans tss Ep gekoppeld aan de intermoleculaire aantrekkingskrachten en de Ek van de samenstellende deeltjes.

Onderscheiden van **gassen**:

- Attractie-E < Ek
- Sterk samendrukbaar
- Zet thermisch sterker uit dan vloeistof of vaste stof
- Lage viscositeit
- Kleine dichtheid
- Onderling oneindig mengbaar

In geval van ideale gassen: (bij lage p en hoge T)

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad \text{met } R = \text{ideale gasconstante} = 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

Vloeibare toestand: vast volume door intermolec krachten, maar Ek is groot genoeg om beperkte translatie en rotatie toe te laten

- Kenmerken:
 - **Samendrukbaarheid:** molecules dicht op elkaar, uitwendige druk kan dit nog versterken
 - **Diffusie:** mengbare vloeistoffen kunnen diffunderen tot homogene oplossing
 - **Viscositeit:** mate waarin de intermolec krachten de beweging tss moleculen remmen

Vloeistof wordt door cte p afgekoeld -> Ek daalt -> translatie-, rotatie- en vibratiemogelijkheden dalen; bij een bepaalde T is Ek zo laag dat intermolec aantrekkingskrachten domineren en rotatie en translatie wegvallen -> vloeistof smelt en verandert in vaste fase.

Vaste stof: de door krachten aan elkaar gebonden molec vormen ordelijk patroon gekenmerkt door symmetrie en regelmatigheid; als atomen zich rangschikken in 3D basispatroon dat zichzelf voortdurend herhaald dan heeft de stof een kristallijne structuur; dat basispatroon wordt eenheidscel genoemd (eenvoudigste verzameling van roosterpunten die bij herhaling in 3 dimensies het volledige kristalrooster oplevert); indien atomen of molec niet een zich herhalend 3D patroon vormen, spreekt men van amorfe stof.

p 35!

Faseveranderingen stoffen:

- Gas -> vloeistof: condensatie
- Vloeistof -> gas: verdamping
- Vloeistof -> vast: stolling
- Vast -> vloeistof: smelten
- Gas -> vast: sublimatie
- Vast -> gas: sublimatie
- Bij cte p en bepaalde T en gaat gepaard met E uit omgeving

Endotherm: vast -> vl -> g

Exotherm: g -> vl -> v

p 36 : toestandsdiagramma !!

2. Industriële grondstoffen

primaire grondstof: alle elementaire stoffen, verbindingen of mengsels die uit natuur gehaald kunnen worden om er iets mee te produceren of E uit te halen.

In dit hoofdstuk enkel delfstoffen bespreken

2.1 Opbouw en samenstelling vd aardkorst

bovenste laag aardkorst = bodem

materiaal waaruit bodem is opgebouwd = moedermateriaal

Gesteenten: heterogene aggregaten bestaande uit een associatie van 1 of meerdere mineralen.

Losse materialen als zand, veen, klei en grind worden ook als gesteente geïnclassificeerd maar behoren tevens tot zelfde grondsoort

Mineralen in gesteenten zijn economisch zeer belangrijk

Indeling gesteenten gebaseerd op ontstaanswijze:

- **Magmatische of stollingsgesteenten:** ontstaan door stolling van magma (2 soorten basaltische en granietische); magma bestaat uit vloeibare silica met daarin opgeloste ionen van alkalimetalen, aardalkalimetalen en ijzer
- **Sedimentaire of afzettingsgesteenten:** gevormd door sedimentatie of afzetting aan aardopp; sedimentatie is verzamelnaam voor processen waarbij deeltjes bezinken of minderalen neerslaan uit water of een andere oplossing, die deeltjes worden sediment genoemd; deeltjes hopen zich op en vormen sedimentair gesteente; gekenmerkt door gelaagdheid of stratificatie (parallel liggende vlakken zijn de originele opp waarop het sediment is afgezet; aanvankelijk zijn sedimentaire gesteenten losse sedimenten, door compactie op grote diepte gaat los sediment over in verhard sedimentgesteente waarbij uit poriënwater mineralen worden afgezet die de oorspronkelijke korrels aan elkaar klinken.
- **Metamorfe gesteenten:** metamorfose=herkristallisatie v bestaande gesteenten oiv hoge T en p. Nieuwe mineralen kristalliseren uit en er vormt zich een mineraalassociatie die in evenwicht is met nieuwe T en p voorwaarden

Mineralen: fysisch en chemisch homogene vaste bestanddelen van gesteenten

! tabel p 38-39 !

2.2 Ontginning van delfstoffen

- Mijnbouw

Onderscheiden van 3 ontginningsmethoden:

- **Dagbouw:** delfstoffen gewonnen aan oppervlakten
- **Schachtbouw:** vanuit verticale schachten en/of tunnels delfstoffen gewonnen
- **Aanboren:** en vervolgens vloeibaar of in gasvorm naar opp brengen

2.3 Economische en industriële relevantie v delfstoffen

-> zie p 40 !

Hoofdstuk 3: Energie

- Inleiding

Energieketen omvat 3 verschillende stappen:

- **Ontginning van primaire E:** E opgeslagen in primaire Ebronnen (aardolie, aardgas, nucleaire Ebronnen, zonnestralen en wind); vrijmaken van prim Ebronnen vormt 1^e stap
- **Econversie en –distributie:** prim Ebronnen worden omgezet in Edragers (bv fossiele brandstoffen omzetten in elektriciteit die dan als Edrager kan gedistribueerd worden via elektriciteitsnet)
- **Eindconsumptie:** om uiteindelijk gebruiker van nuttige E en Ediensten te voorzien is er technologie nodig; bv gloeilampen zetten Eelektrisch om in licht,..
- **Vb energieketen p 42!**

- Energie: definitie en kwantificatie

Energie: vermogen om verandering te veroorzaken of vermogen om nuttige arbeid te leveren

- **Arbeid:** inspanning die door krachtbron geleverd dient te worden om voorwerp te verplaatsen

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1(\text{kg} \cdot \text{m}^2) / \text{s}^2 \quad \rightarrow \text{hoeveelheid E nodig om kracht van 1 N uit te oefenen over afstand van 1m}$$

Ook gebruik van calorie (E inhoud van levensmiddelen)

- E die nodig is om 1 gram water 1 graad Celsius op te warmen.; = 4,19 J

Ook gebruik van Ton aardolie-equivalent of toe (Eng.); 1 toe = 42 Gj = gemid warmte-inhoud van 1 ton ruwe aardolie

Gedrag v E wordt bepaald door wetten vd thermodynamica

- **Wet van behoud v E:** totale hoeveelheid E in gesloten systeem blijft altijd gelijk; Emech=Ep+Ek; interne E (U) = som microscopische E (thermische, elektronische, magnetische, chemische en nucleaire E)
- **2^e wet (energieomzettingen):** systeem streeft naar toestand waarbij hoeveelheid vrije E zo klein mogelijk is, systeem is dan in evenwicht

Ook gebruik vermogen = hoeveelheid E die per tijdseenheid wordt omgezet

- gemeten in J/s=Watt(W)

- Primaire Energiebronnen

P 44!

- Fossiele Energiebronnen
- Aardolie

Olie en aardgas ontstaan uit zee-organismen; onder organisch rijke bronlagen ontstaan oliebelletjes oiv druk en warmte. -> zie p 44!!

Ontginning aardolie:

- **Primaire winning:** aardolie wordt door natuurlijke p van onderliggende water en uitzetting vd gassen boven aardolielaag omhoog gestuwd
- **Secundaire winning:** ondergrondse druk te laag -> hulp v pomp (ja-knikker of gaspomp) -> hierbij wordt samengeperst gas in boorput geïnjecteerd, na vermenging met de olie stuwt het gas door de uitzettingskracht de olie naar boven
- **Tertiaire winning:** thermische (om olie op te warmen en de viscositeit ervan te verlagen waardoor de olie gemakkelijker op te pompen is) en chemische (maakt gebruik van detergents die olie uit gesteenten wassen) methoden

Gewonnen olie wordt via pijpleidingen naar verzamelplaats gevoerd waar separators het zout, water en aardgas afscheiden

- *Aardgas*

Ontstaan is gelijk aan dat van aardolie, vertegenwoordigt lichtere fractie organische producten

Bestaat vooral uit methaan, N, CO₂, gasvormige kws en waterstofsulfide

Methaan is uiterst brandbaar, weinig vorming roet

Makkelijker te zuiveren dan aardolie waardoor ook minder verontreinigde stoffen vrijkomen

Wordt vervoerd door metalen of kunststoffen gasleidingen onder druk als NCG of als vloeistof (LNG)

- *Steenkool*

Ontstaan: afzettingen v plantenresten die in geologisch verleden zijn gevormd -> blootstellen aan hoge druk en warmte -> ontstaan zuivere koolstof

E inhoud is afhankelijk van hardheid, hoe harder hoe meer E

Belangrijke Ebron voor industriële processen en elektriciteitscentrales

Bij verbranding ontstaat veel CO₂

Goedkoop

- *Nucleaire Ebronnen*

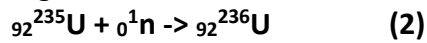
Fossiele Ebronnen kunnen E vrijstellen wanneer de atomen in hun molecule herschikt worden tot een configuratie met een lagere E-inhoud. De E die hierbij vrijkomt komt overeen met intramoleculaire bindingsenergieën. Is in de orde van Mj per kmol.

Manieren van wijzigen interne structuur v atoomkern:

- Atoomkern kan gebombardeerd worden met een neutron en dit absorberen waardoor een ander (instabiel) atoom ontstaat
- **Radioactief verval:** instabiel atoom kan wijzigen door uitstraling van geladen - en - deeltjes, ongeladen deeltjes(neutronen) en/of - en X-stralen.
- **Kernsplijting:** atomen met groot atoomgetal vallen uiteen met vrijstelling v E
- **Kernfusie:** atomen met klein atoomgetal smelten samen tot 1 zwaarder atoom met vrijstelling v E

- *Kernsplijting (kernfissie)*

Nucleaire splijtingsreactie treedt op wanneer een splijtbaar materiaal interageert met een laag energetisch neutron. Neutron wordt dan opgenomen door atoomkern v dit materiaal.



${}^{236}\text{U}$ ondergaat enerzijds radioactief verval met uitstraling v -deeltjes en anderzijds ondergaat het kernsplijting met vrijstelling van 3 neutronen en $3 \times 10^{-11} \text{ J}$



Som vd massa's vd nieuw ontstane atoomkernen en neutronen is kleiner dan de massa vh uitgangsmateriaal, ontbrekende massa wordt omgezet in $E=m \cdot c^2$, c groot en E dus ook groot.

Uit 2 en 3 wordt duidelijk dat een kettingreactie kan ontstaan waarbij vrijgestelde neutronen opnieuw interageren met ${}^{235}\text{U}$. Probleem: vrijgestelde neutronen bezitten veel E waardoor ze niet geaccepteerd worden door de ${}^{235}\text{U}$ kern maar er elastische botsingen mee ondergaan. Dit probleem wordt opgelost door deze snelle neutronen door een moderator (grafiet of gedeutereerd water) te sturen die snelle neutronen afremt zonder ze te absorberen.

Uranium komt in natuur vooral voor als ${}^{238}\text{U}$, dat heeft de eigenschap om snelle neutronen te absorberen en niet af te remmen. Om verlies aan neutronen te reduceren en kettingreactie op gang te houden moet de uraniumbrandstof verrijkt te worden, de verhouding ${}^{235}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ moet dus verhoogd worden.

!p 47!

Radioactief afval: materiaal dat radioactieve isotopen bevat of daarmee besmet is in concentraties hoger dan wat minimaal meetbaar is en waarvoor geen praktische toepassingen bekend zijn. Afhankelijk van de halfwaardetijd is dit afval gedurende lange of korte tijd gevaarlijk voor de volksgezondheid en het milieu waardoor het op een gepaste manier dient opgelost te worden.

- *Kernfusie*

= samensmelten van kernen van verschillende atomen waarbij een ander element wordt gevormd.

Geen kettingreactie, moet aan de gang worden gehouden door extreem hoge T en p.

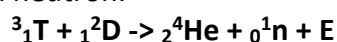
Hoe groter atoomnr, hoe moeilijker de reactie plaatsvindt als gevolg ve grotere elektrostatische repulsie tss de kernen. Om kernen bij elkaar te brengen is grote E_k nodig en dienen de kernen ven hun elektronenschillen ontdaan te zijn.

Plasma: gas dat bestaat uit positief geladen atoomkernen en negatieve vrije e-.

Pas als kernen dicht genoeg bij elkaar komen kan de aantrekkende sterke kernkracht de afstotende kracht tss positieve kernladingen teniet doen en kan fusie plaatsvinden.

Kernfusie laat geen radioactieve materialen achter als afval.

Meest gekende kernfusiereactie die kleine activatie-E combineert met hoge Eopbrengst, is deze tss een deuteriumkern (${}^2\text{D}$) en tritiumkern (${}^3\text{T}$), met vorming van heliumkern (-deeltje) en een neutron.



Nadelen bovenstaande reactie:

- Hoge neutronenproductie zorgt voor het radioactief maken van (reactor)materialen door beschadigingen te induceren in het kristalrooster
- Groot deel vd vrijgestelde E is vervat in de neutronen, wat de daaropvolgende omzettingsefficiëntie sterk verlaagt
- ^2D is niet radioactief, ^3T wel
- geen natuurlijke bron van ^3T , produceren uit ^6Li (reactie p 49)

zie p 49-50 !

- [Hernieuwbare Ebronnen](#)

3.3.1. Zonnestraling

Albedo: 30% van de zonnestraling wordt gereflecteerd door wolken, atmosferische gassen en het aardopp.

Andere 70%: geabsorbeerd en omgezet in warmte, aangewend bij veramping van water, omgezet in wind- en golfenergie en gebruikt tijdens de fotosynthese.

Zonlicht = totale spectrum v elektromagnetische straling (voortplanting door de ruimte v elektrische en magnetische oscillaties) dat door zon wordt verspreid

E-inhoud van een foton(lichtdeeltje)

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad \text{met } h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, \nu = \text{frequentie}, \lambda = \text{golflengte}$$

Zonne-energie wordt gebruikt als lichtbron, drijvende kracht bij natuurlijke ventilatie, voor warmteproductie en elektriciteitsproductie.

3.3.2. Windenergie

Wind ontstaat oiv de zon. Door T verschillen in lucht ontstaan p- en -verschillen, samen met het ronddraaien van de aarde zorgen deze dingen voor stromingen in de lucht.

Flux= #moleculen gas dat getransporteerd wordt doorheen een eenheidsopp per eenheid van tijd. Het is ook het product van de concentratie van de molecules (n) en snelheid vd stroom (v).

Zie formules p 51-52!!

3.3.3. Biomassa

Def= alle organische en hernieuwbare GS en materialen van plantaardige of dierlijke oorsprong die bestemd zijn voor industriële toepassingen of voor Eopwekking.

Energie uit biomassa = bio-E

3.3.3.1. Fotosynthese als primair productieproces van biomassa

Elk biomassa-gebaseerd proces begint bij fotosynthese, glucose wordt hierbij gevormd uit CO_2 , H_2O en lichtE. Glucose wordt dan omgezet in andere chemische verbindingen.

Weinig nuttige E biomassa maar wel grote interesse omdat zowel economische als ecologische aspecten ervan gunstig zijn en omzetting naar verschillende soorten energiedragers is mogelijk.

3.3.3.2 Soorten biomassa -> p52-53

3.3.4 Waterkracht

Ontstaat uit beweging van water dat zich van hoog naar laag verplaatst waarbij gravitationele E vrijgesteld wordt.

Voor opwekking van elektriciteit wordt waterkracht vooral aangewend als:

- stromingsE: water wordt door turbine of waterwiel geleid, waarbij stromingsE wordt omgezet in rotatie-E voor opwekking van elektriciteit
- golfslag- en getijdenE: E winnen uit wisselen van waterhoogte op zee oiv golven; Edensiteit van golf wordt gegeven door: $W = g \cdot (h/2)^2$. getijden kunnen als Ebron beschouwd worden door stroming die ze veroorzaken.
- Hydro-elektrische E: rivierwater verzamelen achter stuwdammen (meer E bij hogere p) en vervolgens door turbines leiden om elektriciteit op te wekken.

3.3.5 Geothermische E

= aardwarmte E -> warmte aan aarde afgestaan door zon

- dieper in aarde zitten warmtereservoirs die gebruikt worden om warm water te winnen, als water warm genoeg is kan het als stoom gebruikt worden om elektriciteit op te wekken.

- petrothermale geothermie: onder enorme druk water in warme gesteentelagen pompen, water warmt op en wordt via andere leiding weer opgepompt.

- leiding in U-bocht (aardwarmtesonde) door gesteente laten lopen zodat water opwarmt

- [Energieconversie: van primaire Ebron tot vermarktbaar product](#)

Dieper ingaan op technologische processen die aangewend dienen te worden om de primaire energiebronnen om te zetten in nuttige energiedragers zoals vloeibare (bio)brandstoffen en elektriciteit

- [Van aardolie tot klassieke brandstoffen](#)

- Petrochemische industrie

Bij raffineren (verfijnen, verzuiveren) wordt ruwe olie gescheiden in verschillende bestanddelen en ontdaan van onzuiverheden. In aardolie zit zwavel die verwijderd moet worden (milieu!). Door toevoeging van waterstof en katalysator wordt zwavel uit thiolen gehaald en omgezet in waterstofsulfide dat omgezet wordt in elementair zwavel.

Belangrijkste proces bij olieraffinage is destillatie. Dit is een fysisch-chemische scheidingstechniek gebaseerd op kookpunt van verschillende stoffen. Als 2 vloeistoffen zijn gemengd gaat men deze koken, in damp die ontstaat zit grotere fractie laagkokende stof en in overgebleven vloeistof bevindt zich hogere fractie v hoogkokende stof. Door damp af te voeren en te condenseren kan men de 2 verbindingen onderling scheiden.

p 56 !

LPG

Liquified petroleum gas. Gebruikt als brandstof in verbrandingsmotoren van auto's. Mengsel van propaan en butaan, worden in bepaalde verhouding gemengd. Schonere brandstof dan diesel of benzine, want is lood- en zwavelvrij en mengt zich beter in de moto. Dit leidt tot betere verbranding en schonere uitlaatgassen. Heeft ook hoge klopvastheid.

Benzine

Mengsel van kws, koolstofatomen, vertakte alkanen en monocyclische aromatische kws. Bevat weinig benzeen (kankerverwekkend) en zwavelverbindingen worden verwijderd. Aan benzine die als brandstof gebruikt wordt voegt men additieven (dopes) toe om te voorkomen dat motor gaat kloppen(=ongecontroleerd verbranden van lucht-benzinemengsel in verbrandingsmotor; gebeurt als mengsel door compressie en temperatuur in de cilinder spontaan ontbrandt). Klopvastheid wordt uitgedrukt in **octaangetal** vd benzine, wordt gemeten door klopvastheid te vergelijken met mengsel van het makkelijk ontbrandbare pentaan en moeilijk ontbrandbare iso-octaan. Hoe hoger octaangetal, hoe klopvaster benzine.

Kerosine

Mengsel van alifatische en cyclische kws en bevat zuurstof-, stikstof- en zwavelverbindingen. Wordt gebruikt als brandstof in straalmotoren van vliegtuigen.

Diesel- en stookolie

Stookolie wordt gebruikt als brandstof in dieselmotoren en verwarmingsinstallaties.

Verschillende soorten stookolie afh vd raffinage vd aardolie:

- **Diesel(olie):** lichte stookolie die gebruikt wordt als brandstof in dieselmotoren. Komt spontaan tot ontbranding onder druk en in aanwezigheid v zuurstof. Mate waarin brandstof geneigd is tot zelfontbranding is uitgedrukt in **cetaangetal**.
- **Lichte stookolie:** huisbrandolie; voor verwarmingsinstallaties
- **Halfzware stookolie:** voor verwarming van serres, schepen, grote verwarmingsinstallaties en industriële warmtetechniek; moet voorverwarmd worden
- **Zware stookolie:** moeilijk te verwerken want zeer viskeus, eerst voorverwarmen, voor schepen

Bitumen

= viskeuze vloeistof, komt voor in ruwe aardolie; hecht goed en wordt dun vloeibaar bij verwarmen.

Asfalt is mengsel van steen, zand, lucht en vulstof dat door bitumen bij elkaar wordt gehouden.

- [Van massa tot biobrandstoffen](#)

Omzetting plantaardig materiaal in vloeibare of gasvormige brandstoffen kan via:

- **Thermo-chemische verwerking:** vergassing of pyrolyse waarbij zowel gasvormige als vloeibare biobrandstoffen geproduceerd worden.
- **Biologische verwerking:** biochemische omzetting van organisch materiaal met vorming van bv bio-ethanol of biogas
- **Fysisch-chemische verwerking:** bv extractie of persen van plantaardige oliën uit koolzaad en chemische omzetting tot biodiesel.

- *Productie van bio-ethanol*

Geproduceerd uit natuurlijke suikers(suikerbieten, suikerbieten,..) die dmv fermentatie omgezet worden in alcohol.

Om ethanol uit deze GS te winnen moet suiker uit GS geëxtraheerd worden. Vorming glucose. Glucose wordt gefermenteerd tot alcohol. Fermentatie houdt biochemische omzetting in door middel van schimmels, bacteriën of enzymen in omgeving waar geen zuurstof en nitraat aanwezig is. In geval v bio-ethanol gebeurt deze omzetting door gist (proces = gisting); reactie p 58!. Mengsel dat nu ontstaan is bevat voor 45% alcohol en voor de rest water en pulp v reststoffen (bagasse). Na afscheiding v bagasse wordt water/ethanol mengsel gedestilleerd tot mengsel dat 90% alcohol bevat. Resterende water wordt gescheiden door pervaporatie: mengsel wordt langsheen selectief membraan geleid waarbij aan de andere kant vh membraan een vacuüm wordt aangelegd. Membraan laat maar 1 stof door en kan er dus een scheiding plaatsvinden. Uiteindelijk wordt er een mengsel verkregen dat 99% alcohol (ethanol) bevat. Ethanol wordt gebruikt als transportbrandstof.

- *Productie van biodiesel*

Als GS voor biodiesel wordt puur plantaardige olie(PPO) gebruikt, verkregen via persen van biomassa.

Proces waarbij biodiesel uit plantaardige olie gemaakt worde gebeurt in 2 stappen:

- **Verzeeping:** chemische reactie waarin triglyceride esters gehydrolyseerd worden en hierbij uiteenvallen in glycerol en 3 vrije vetzuurketens. Een base wordt hier gebruikt als katalysator.
- **Verestering vd vrije vetzuurketens:** door reactie met een alcohol worden de vetzuren omgezet tot nieuwe esters, zijnde de biodiesel.

Katalysator, glycerol en eventuele resten alcohol moeten uit biodiesel gezuiverd worden. Dit gebeurt door bezinking waarbij biodiesel bovenaan afgescheiden kan worden. Dan biodiesel wassen. Water wordt in top-down beweging door biodiesel gestuurd en neemt afvalstoffen met zich mee. Dit herhaaldelijk uitvoeren levert levert zuivere biodiesel.

- *Productie van synthese- en biogas*
- *Thermo-chemische vergassing en pyrolyse.*

Thermische behandeling van biomassa met ondermaat aan zuurstof en T tss 700 en 900°C levert synthese gas. Dit kan na reiniging gebruikt worden voor warmte- en elektriciteitsopwekking en als GS in de chemische industrie.

Vergassen beperkt schadelijke emissies. Maar veel problemen met gasreiniging.

Ander proces is pyrolyse(=droge destillatie). Hierbij wordt materiaal ontleed door het te verhitten zonder dat zuurstof ermee in contact kan komen. Hierdoor ontstaat een pyrolyse-olie en komen brandbare gassen vrij, die beiden ook gebruikt kunnen worden voor de opwekking van elektriciteit en/of warmte. Daarnaast wordt ook kool en methanol gevormd, die als GS dienen in diverse industriële processen.

- [Anaërobe vergisting](#)

Biogas wordt gevormd door anaërobe afbraak of vergisting van organisch materiaal met een hoog vochtgehalte.

Verschillende stappen in anaërobe vergisting:

- **Hydrolyse:** chemische reactie waarbij een verbinding door reactie met water opgesplitst wordt. Hierdoor wordt het complex biomassa-materiaal enzymatisch omgezet in kleinere verbindingen die vervolgens door bacteriën kunnen worden opgenomen.
- **Acidogenese:** microbiële omzettingsreacties waarbij substraten in een zuurstofarme omgeving omgezet worden in verbindingen met lager moleculair evenwicht.
- **Acetogenese:** alcoholen en zuren worden omgezet in azijnzuur
- **Methanogenese:** p 60!!

- Elektriciteitsproductie

- [Elektriciteitsproductie uit fossiele energiebronnen](#)

- [Klassiek thermische elektriciteitscentrale](#)

Productie elektriciteit in klassieke centrale:

Verbranding aardgas, steenkool of stookolie in stoomketel -> rookgassen verhitten buizenstelsel van ketel -> water in buizenstelsel wordt stoom -> rookgassen ontsnappen na reiniging langs schoorsteen

Hete stoom laat stoomturbine draaien -> drijft alternator aan die elektriciteit opwekt ->

transformator voert spanning op en elektriciteit wordt in transportnet geïnjecteerd

Hierna condensatie waarbij gevormde water opnieuw naar stoomketel getransporteerd wordt, dit vindt plaats in condensor waar koud koelwater, opgepompt uit oppervlaktewater, in buizensysteem stroomt en de warmte van de stoom opneemt

Opgewarmde koelwater afkoelen in koeltoren en hergebruiken, dit gebeurt door water in contact te brengen met opstijgende luchtstroom die ontstaat door natuurlijke trek vd koeltoren -> ventilatoren zorgen voor luchtbeweging -> koeltoren verkleint -> water koelt af en stort in koeltoren naar beneden; opgewarmde lucht, verzadigd met koeldamp, verlaat koeltoren als witte damppluim

- [Combi-eenheden en STEG-centrales](#)

Repowering verhoogt vermogen en rendement v klassieke centrale

- 2 mogelijkheden:
 - **Combi-centrale:** combinatie van gasturbine en klassieke stoomturbine; gasturbine wordt gebruikt als voorschakeling, waarbij uitlaatgassen ervan gebruikt worden als verbrandingslucht voor de stoomketel die bijgestookt wordt met bv gasbranders; gasturbine wekt vermogen op; door combicentrales steeg rendement
 - **STEG-centrale:** start met verbranden van aardgas in verbrandingskamer v gasturbine -> hete verbrandingsgassen doen turbine draaien -> turbine drijft alternator aan -> wekt eerste keer elektr op; verbrandingsgassen verlaten gasturbine en komen in recuperatiestoomketel terecht -> hete stoom zet stoomturbine in gang -> drijft alternator aan -> 2^e maal opwekken elektr; soms drijven gas- en stoomturbines alternator aan (single-shaft installatie)

- [Warmtekrachtkoppeling \(WKK\)](#)

= tegelijk produceren v warmte en elektr in zelfde installatie

Bij grootindustrie wordt gebruikt gemaakt van warmtekracht met gas- en stoomturbines

Traditionele grootschalige WKK-EH bestaan uit een gewone stoomketel die fossiele brandstoffen verstoekt; geproduceerde stoom drijft stoomturbine met alternator aan die elektriciteit opwekt en wordt na verlaten v turbine voor warmtetoep gebruikt, we spreken van tegendrukstoomturbine omdat stoom na turbine nog p en T heeft

Moderne grootschalige WKK-EH bestaan uit systeem met gasturbine en recuperatiestoomketel

- [Elektriciteitsproductie uit nucleaire bronnen](#)

Kerncentrales maken gebruik van splijtstof -> warmte komt vrij bij kernfissie -> wordt gebruikt voor productie v stoom

Verrijkt uranium wordt in keramische tabletten geperst en dan in lange metalen stiften gestoken, waartussen moderator gestoken wordt. # vd die staven samen vormt een splijtstofelement, deze elementen worden in reactorkern v kerncentrale geplaatst.

Type kerncentrale:

- **PWR-eenheden (drukwaterreactor):** warmte uit reactorkern afgegeven aan water (haalt 300°C) dat in kringloop langs splijtstofstaven stroomt en fungeert als moderator. Water kookt niet omdat het onder druk staat. (primaire kring). Water geeft opnieuw warmte af aan 2^e gesloten kringloop met water (secundaire kring). Warmte-uitwisseling gebeurt in stoomgenerator (grote cilindervormige warmtewisselaar die uit 1000en buizen bestaat). Water gaat nu over in stoom door verhitting. Stoom drijft turbines aan. Aan turbines is alternator gekoppeld die bewegingsenergie omzet in elektriciteit die via transformator naar hoogspanningsnet gaat. Gebruikte stoom koelt af in condensor en wordt dan opnieuw gebruikt (koeltoren).
- [Elektriciteitsproductie uit hernieuwbare energiebronnen](#)
- [Fotovoltaïsche systemen](#)

In fotovoltaïsche zonnecel wordt licht rechtstreeks omgezet in elektr via absorptie van fotonen van halfgeleidermateriaal. Daardoor worden e- omgezet uit het halfgeleidermateriaal vrijgemaakt, die aan de belichte voorzijde door fijnmazige metalen vingerstructuur verzameld worden. Achterzijde bestaat uit volle metalen rugplaat. Bij lichtinval ontstaat er een elektrische spanning tss de negatief geladen voorzijde en positief geladen achterzijde v zonnecel, die bij aanleggen w stroomkring elektrische stroom genereert.

Stoffen als SiO₂, CuInSe₂, CdTe en organische stoffen worden gebruikt voor rproductie v zonnecel.

Om stroom te leveren worden zonnecellen in serie geschakeld in een fotovoltaïsche module (PV-module), die cellen ook mechanische stevigheid geeft en beschermt tegen vocht. Een fotovoltaïsch systeem bestaat uit een serie- en/of parallelschakeling v PV-modules, gekoppeld aan elektrische randapparatuur. We onderscheiden:

- **Autonome PV-systemen:** levert stroom aan elektriciteitsverbruiker die niet gekoppeld is aan elektriciteitsnet. Bevat ook batterij voor E-opslag en laadregelaar die batterijspanning bewaakt. Toep: verlichting, milieusensoren, zendstations voor telecommunicatie,..
- **Netgekoppelde PV-systemen:** PV-modules worden via omvormer verbonden met openbaar elektriciteitsnet. Omvormer of inverter is elektroisch apparaat dat de gelijkspanning vd PV-modules omzet in wisselspanning die aan het openbare elektriciteitsnet geleverd kan worden. Ofwel levert PV-systeem meer vermogen dan nodig en stroomt netto elektr naar het net. Ofwel levert PV-systeem onvoldoende of geen vermogen (bij bewolking, 's nachts) en haalt verbruiker nodige stroom uit net.

- [Windturbines](#)

Drag-type en lift-type.

Rotorblad (geheel v wieken) is belangrijkste onderdeel v windturbine. Energie van langsstromende lucht wordt omgezet in draaiende beweging. Rotorbladen zijn bevestigd aan de hoofdas of naaf, waarvan draaiende beweging wordt versneld in tandwielkast. De sneldraaiende, uitgaande as vd tandwielkast drijft dan generator aan die elektr opwekt. Assen, tandwielen en generator zijn ondergebracht in gondel bovenop mast. Transformator onderaan mast voert spanning op en aansluiting op elektriciteitsnet gebeurt via ondergrondse bedrading.

Op top v windturbine staat meetinrichting voor windsnelheid en windrichting. Met die meetresultaten stuurt een microprocessor een motor die de gondel draait zodat rotorvlak loodrecht op wind staat.

Hoeveelheid E die door wond op rotor overgedragen wordt, is afhankelijk vd winsnelheid en –dichtheid en rotoropp. Vermogen v windturbine neemt toe naarmate diameter v rotor toeneemt. Hoogt v rotor speelt ook rol. Windsnelheid is ook belangrijk.

- [Elektriciteitsproductie uit biomassa](#)

Eerst verkleinen, verdichten en drogen voor gebruik voor elektr.

Verbranden kan door:

- **Rechtstreekse (co-)verbranding:** direct verbranden v biomassa met steenkool. Bv waterzuiveringsslib, olijfstelen en hout kunnen samen met steenkool vermalen worden en in verbrandingsketel v elektriciteitscentrale geblazen. Houtstof wordt geïnjecteerd in poederkoolleidingen om samen met poederkool te verbranden, of het wordt als enige brandstof gebruikt.
- **Verbranding syngas of biogas:** biomassa omzetten in biogas en dan verbranden samen met steenkool in verbrandingsketel.

- [Brandstofcellen](#)

= elektrochemische toestellen die chemische energie direct omzetten in elektrische energie, waarbij voortdurend nieuwe reagentia kunnen worden aangevoerd.

Bestaat uit poreuze gasdoorlaatbare anode en kathode met daartussen een elektrolyet, die de overdracht v ladingen (ionen) tss beide elektroden mogelijk maakt. Beide elektroden worden elektrisch gekoppeld naar een elektriciteitsverbruiker buiten de brandstofcel. In dit

deel v elektrisch circuit wordt de stroom gedragen door e-, terwijl in de brandstofcel ionen zorgen voor de stroom. De chemische reacties die optreden in een brandstofcel noemen we redoxreacties.

Figuur p 67-69!!

- [Energiemarkt in Vlaanderen en België](#)

Belangrijkste producenten v elektr zijn electrabel en luminus.

Vanuit elektriciteitscentrales wordt opgewekte elektr op transmissienet gezet (hoogspanningsnet). Via hoogspanningsnet wordt elektriciteit vervoerd naar een distributienet of buitenland. Elektriciteit die van het transmissienet op distributienet wordt geplaatst, wordt voor verdere verdeling overgezet naar een lager spanningsniveau.

Aardgas komt over uit buitenland via pijpleidingen of methaantankers. Aardgas moet hiervoor vloeibaar gemaakt worden. Gebeurt door gas onder atmosferische druk te houden. Aardgas wordt opgeslagen in opslagtanks (in vloeibare toestand) of in oude gas- of olievelden, in zoutvelden, in verlaten mijnen of in watervoerende lagen (in gastoestand).

Na vrijmaking v elektriciteits- en gasmarkt werd “de distributie v elektriciteit en aardgas” in het Vlaams Gewest opgesplitst in 2 activiteiten:

- **Het netbeheer:** distributienet. Netbeheer is in handen v elektriciteits- en aardgasintercommunales of –regies; dit zijn samenwerkingsverbanden tss verschillende gemeenten. (monopolie)
- **Verkoop v elektriciteit en/of aardgas:** leveringsvergunning v VREG nodig om elektr en aardgas te mogen leveren. VREG is Vlaamse overheidsinstantie die instaat voor regulering, controle en bevordering vd transparantie vd elektriciteits- en aardgasmarkt in Vlaamse Gewest.

Hoofdstuk 4 Eenheidsoperaties id productietechnologie

Eenheidsoperaties= productieprocessen worden beschouwd als geheel van mechanische, fysische, thermisch en (bio)chemische deelprocessen die aan elkaar gelinkt worden.

- Steunen op beperkt aantal wetenschappelijke fundamentele principes en basismechanismen
- Zijn inzetbaar in meest diverse industrietakken

1 Grondslag v eenheidsoperaties

optreden v fysische transportverschijnselen onderverdelen in 3 types:

- **Stroming(momentumtransfer):** dit betreft het bulktransport v fluida en vaste deeltjes oiv drukverschil
- **Warmtetransfer:** overdracht v warmte v één plaats naar een andere oiv temperatuurverschil.
- **Massatransfer:** beweging v stof in mengsel met concentratieverschil tss 2 locaties. Basismechanismen voor massatransfer zijn moleculaire diffusie en eddy diffusie (=

convectie). Advectie is geleid meebewegen v stof met een zich verplaatsend bulkmedium.

2 cruciale elementen bij fysische transportverschijnselen:

- Thermodynamisch evenwicht: bepaalt tot welke mate de momentum-, warmte- of massatransfer doorgaat
- Kinetiek: bepaalt snelheid waarmee transportverschijnsel doorgaat

! behoudswetten: wet v behoud v energie en massa.

Totale massa inputsromen = totales massa outputstromen -> steady-state processen

- P 77 -> opstellen materiaalbalansen !!

- [Opslag en transport v GS en materialen](#)
- [Opslag en verwerking v gassen en vloeistof](#)

Gassen: opgeslagen als vloeistof door afkoelen of comprimeren (bv opslag v chloorgas, ammoniak, CO₂ en methaan); vervoerd in stalen gasflessen.

Vloeistoffen: in cilindrische tanks; verdamping vermijden door drijvend dak op vloeistof te plaatsen; vermijden v brand explosie door inert gas te plaatsen boven vloeistofniveau; mechanische E nodig voor transporteren v gassen en vloeistoffen

2 soorten vloeistofpompen:

- **Centrifugaalpompen:** omzetten van E door motor geleverd in Ek resulteert in hoge snelheden in pomp. Die pompen bestaan uit waaier die ronddraait in pomphuis. In centrifugaalpompen wordt E naar vloeistof overgedragen door centrifugale actie vd waaier die bestaat uit aantal vinnen v uiteenlopende vorm en kromming. Vloeistof treedt axiaal naar binnen ter hoogte vd waaieras en wordt radiaal naar buiten toe weggeslingerd. Deze pompen worden door hun hoge snelheid aan elektrische motor gekoppeld. Belangrijke karakteristieken zijn geometrie vd pomp en dichtheid en viscositeit vd vloeistof. Alternatief: **schroefpompen**
- **Verdringerpompen:** E door motor geleverd omgezet in Ep -> hoge p en lage v in pomp. Verschillende soorten:
- **Alternerende zuiger- en plunjerpompen:** door verplaatsen v zuiger of plunjer aangesloten op pomphuis wordt verandering vh inwendig volume vh pomphuis verkregen. Bij aanzuigen vd te transporteren vloeistof groeit volume, bij persen verkleint het.
- **Roterende pompen:** verplaatsen v fluida dmv in elkaar passende tandraderen die roteren in een stator. Zijn pulsvrij en kunnen gebruikt worden voor zeer viskeuze vloeistoffen.
- **Peristaltische pomp:** flexibele leidingen die dichtgeknepen worden over bepaalde lengte door aantal rollers die op een rotor geplaatst zijn. Naarmate de rollers voortbewegen, drukken zij de leidingen samen en zuigen hierbij vloeistof aan langs de ene kant vd roller, terwijl zij vloeistof uit de leiding persen ad andere kant. Voordeel: geen contact tss vloeistof en pompmechaniek; nadeel: pulserend karakter v pompwerking.

Bij keuze geschikte pomp moet rekening gehouden worden met gewenste debiet, aard en eigenschappen v vloeistof. Best roterende pompen gebruiken voor viskeuze vloeistoffen. Creëren v drukverschil dat nodig is om gassen te transporteren wordt bekomen door gebruik v ventilatoren en compressoren.

Werking v ventilatoren berust op centrifugale kracht die door propellers en schoepen wordt uitgeoefend. Invoer v gas gebeurt axiaal, afvoer radiaal.

Grotere drukopbouw ontstaat door compressoren (centrifugaalcompressoren en verdringingscompressoren)

- Opslag en transport v vaste stoffen

Opslag granulair materiaal gebeurt in silo's. Rekening houden met hellingshoek of taludhoek. Nodig om nodige grondopp te berekenen en max druk op wand v silo. Ook optimale omstandigheden wat betreft vochtigheid en T.

Transport:

- **Mechanisch:** transportband, -schroef, trilpijp, wentelgoot,..
- **Pneumatisch:** verplaatsing v bulksotf dmv gas (lucht). Stof moet da droog en niet kleverig zijn; enkel bij deeltjes die niet te zwaar of te groot zijn anders te veel Everbruik.
- **Hydraulisch:** transport dmv vloeistof (water); goed voor grotere afstanden; in combinatie met wasproces.

- Warmteoverdracht

= energieoverdracht ten gevolge van temperatuurverschil gebaseerd op 3 fundamentele processen: geleiding, convectie en straling.

3.1. Warmteoverdracht processen

- Bij warmtegeleiding of conductieve warmteoverdracht gebeurt er inwendige Eoverdracht door uitwisseling v Ek tss moleculen. Estroom gaat hierbij v hoog energetische (hoge T) naar laag energetische (lage T) moleculen. Gebeurt in alle stoffen waarin temperatuurgradiënt aanwezig is. P 81 !!

- convectieve warmteoverdracht in fluidum wordt veroorzaakt door beweging of verplaatsing v fluidumpakketten. Bij gedwongen convectie wordt deze veroorzaakt door een externe kracht, terwijl vrije of natuurlijke convectie veroorzaakt wordt door dichtheidsverschijnselen in het medium. P 82!!

- Elektromagnetische straling; hoeveelheid E die wordt uitgestraald is afhankelijk vd temperatuur en aard vh opp vh lichaam. P82!

- Warmteoverdracht apparatuur

Warmteoverdracht tss 2 fluida gebeurt mbv warmtewisselaars; warme en koude fluida gescheiden door vlakke wand of buisvormige opp -> convectie langs of conductie door wand/opp

figuren p 84-85 !!

Werking warmtemachines gebeurt door omzetting v thermische E naar mechanische E (volgens wetten v thermodynamica). -> proces waarbij warmte vloeit v lichaam met hoge T naar lichaam met lage T

Omgekeerd proces kan volgens 2^e wet v thermodynamica niet spontaan optreden; input v arbeid nodig; koelmachine of warmtepomp nodig.

Koelmachine bestaat uit 4 hoofdonderdelen:

- **Verdamper:** (in 1^e warmtewisselaar) koelvloeistof omzetten naar gasfase en warmte onttrekken uit koelkamer
- **Compressor:** gas samengedrukt waardoor T stijgt tot T die hoger is dan deze vd omgeving
- **Condensor:** opgewarmde gas wordt in 2^e warmtewisselaar omgezet naar vloeistoffase waarbij warmte ad omgeving wordt afgestaan
- **Expansievat:** via expansieventiel ondergaat vloeistof expansie waardoor p en T afnemen en kringloop zich kan herhalen

- Mengen

2 doelen: bevorderen v chemische reactie of versnellen vd massa- en/of warmteoverdracht tss fasen/stoffen tijdens en door het mengen en het bekomen v zo homogeen mogelijk gemengd eindproduct v verschillende stoffen in welbepaalde gewenste verhouding

Homogene mengsels: worden spontaan gevormd door moleculaire diffusie of natuurlijke convectie, waarvan reactie versneld kan worden mbv mechanische krachten <-> heterogene mengsels: worden niet spontaan gevormd, hebben veel hulp nodig v mechanische krachten

- mengen v gassen met gassen:

gas injecteren in tank die ander gas bevat onder hoge snelheid. Toep: mengen v brandbaar gas met lucht in branderinstallatie of mengen v warm gas en koude lucht in drooginstallatie

- mengen v gassen met vloeistoffen:

hulpmiddel bij bewerkingen of chemische reacties die groot vloeistof/gas contactopp nodig hebben. Onderscheid tss:

- **Vloeistof in gas dispersies:** mengen v vloeistoffen in gassen is creëren v groot vloeistofopp, door verstuiven of vernevelen v kleine vloeistofdruppels in gasvolume. Toep: verstuiven v water of opl in lucht (pesticide); verstuiven v vloeistof in vacuüm (snelle verdamping); en verstuiven v water in stoom (afkoelen verhitte stoom)
- **Gas in vloeistof dispersies:** gas via gesinterde plaat id vloeistof sturen, of gas met een roerder in vloeistof mengen. Streven naar zo klein mogelijke gasbellen die verspreiden in vloeistofvolume. Toep: dispergeren lucht in vloeistof; dispergeren v stoom in vloeistof (verwarmen v vloeistof); en dispergeren v procesgassen in vloeistof (hydrogeneren v eetbare oliën en vetten)

- mengen v gassen met vaste stoffen:

Bij fluïdizatie en pneumatisch transport.

Fluïdizatie: berust op in opwaartse richting laten stromen v gas doorheen een kolom van vast granulair materiaal. Kolom bestaat uit verticaal cylindrisch vat met aan onderkant poreuze of geperforeerde bodemplaat of rooster. Bij opvoeren v gassnelh zal het gas wrijving ondergaan met granulair materiaal en hierdoor onderhevig zijn aan drukval. Bij verder opvoeren v gassnelh ontstaat situatie waarin deeltjes elkaar net nog raken.

Partikellaag is nu geëxpandeerd tot toestand waarbij alle partikels omgeven zijn door gas. Tegelijkertijd verwerven partikels een beperkte bewegingsvrijheid. Deze toestand heet rustig of stabiel of homogeen gefluïdiseerd bed. Bij toename gassnelh blijft drukval constant, partikelbed expandeert en beweging v partikels neemt in heftigheid toe. Vanaf bepaalde snelheid (bellenpuntsnelheid) gaat bed over in dichte fase, bestaande uit geëxpandeerd poeder en een bellenfase, bestaande uit poedervrije holtes in dichte fase. Deze holtes stijgen op in bed en hebben karakter v gasbellen die opstijgen in vloeistof. Er ontstaat een turbulent of instabiel of heterogeen gefluïdiseerd bed.

- Mengen v vloeistoffen met vloeistoffen:

Door convectiestromingen v natuurlijke of kunstmatige aard. Onderlinge oplosbaarheid is belangrijk (oplossing vs emulsie) en viscositeit v vloeistof(fen). Bij lage viscositeit kan gebruik worden gemaakt v v hogedruk kraan om sneller stromende vloeistof te laten binnendringen in stationaire of traag bewegende vloeistof. Er wordt ook gebruik gemaakt v sneldraaiende mechanische roerders in mengtank. 2 types: turbineroerder (vlakke schijf met hierop # bladen gemonteerd) en schroefroerder (propeller, 3 gebogen bladen). Bij viskeuze vloeistoffen zijn anker- of bladroerder of helicale lint- of schroefroerders nodig. (p 88!!)

- Mengen v vloeistoffen met vaste stoffen:

wordt bepaald door verhouding v componenten die worden samengebracht, oplosbaarheid v vaste stof en stromingseigenschappen (viscositeit). Oplossing of suspensie. Gamma gaat v veel vaste stof met weinig vloeistof (goede menging door vloeistof te verstuiven bv over dunne laag vaste stof of in gefluïdiseerd bed v vaste stof) tot weinig vaste stof met veel vloeistof (kan zoals bij vloeistof vloeistof mengen, als vaste deeltjes niet te groot zijn en vloeistof niet viskeus is).

- Mengen v vaste stoffen met vaste stoffen:

Belangrijke eigenschappen voor verloop v mengproces: deeltjesgrootte, dichtheid, vorm en aard v opp, vochtgehalte en stromingseigenschappen.

Menging kan gebeuren door samenvloeien v verschillende pneumatische transportleidingen, door simultaan ledigen v silo's op eenzelfde transportband of door toediening v meerdere stoffen aan gefluïdiseerd bed. Gebruik maken v mengtrommels en verticale of horizontale schroef- of lintmengers. p 89 !

- [Scheidingsprocessen](#)

Hebben als doel voedingsstromen (vl, v of g) op te splitsen in meerdere afzonderlijk gewenste deelstromen en/of eindproducten.

- P 90-91!

- [Mechanisch-fysische scheidingsprocessen](#)

Helpen bij scheiden v heterogene mengsels. Processen zijn gebaseerd op gebruik v fysische barrière of aanleggen v centrifugaal, gravitair of elektromagnetisch krachtveld.

- *Mechanisch-fysisch scheiden v vaste stoffen*

Zeven wordt meest gebruikt. Scheiden op basis v verschil in deeltjesgrootte. Voor grote deeltjes is dit triëren.

Meest gebruikte zeven zijn vaststaande of statische zeven. Zeefproces wordt bevorderd door bewegen v zeefopp. Veel gebruikte zeefapparatuur die hiervan gebruikt maakt:

- Trommelzeven: slide 26 + p 92!!
- Horizontaal bewegende zeven: meerdere boven elkaar geplaatste zeven die met matige snelheid heen en weer bewegen in horizontaal vlak. Bij grotere deeltjes kan er ook gebruikt gemaakt worden v trieerapparatuur bestaande uit opeenvolgende horizontaal bewegende rolbanden elk voorzien v openingen v verschillende grootte.
- Verticaal bewegende zeven: meerdere zeven boven elkaar plaatsen die in verticale richting bewegen via schud- of trilbewegingen. Verticale beweging zorg ervoor dat deeltjes die zeefopening blokkeren verwijderd worden

P 92-94 figuren!

- *Mechanisch-fysisch scheiden v vaste stoffen en fluida*
- Filtratie

Gebaseerd op verschillen in deeltjesgrootte vd te scheiden componenten die doorheen poreus permeabel medium geleid worden. Wordt gebruikt om partikelig materiaal af te scheiden uit een fluidum (gas of vloeistof). Filtermedium weerhoudt merendeel v deeltjes. Fluidum dat door filter loopt heet filtraat.

Weerstand wordt bepaald door filtermedium en is afhankelijk v maaswijdte v filtermedium, aard en grootte vd te filtreren stof, dikte v filterkoek en viscositeit vh filtraat.

Verschillende filtermedia: grofkorrelig los gestapeld materiaal (zand, grind, kalk, houtskool,..); plaat v keramisch materiaal, gesinterd glas, geperforeerd metaal; weefsels v textiel- of metaaldraden; membranen

Afh vd diameter vd weerhouden deeltjes onderscheidt men:

- Conventionele filtratie v grof of fijn partikelig materiaal (10 μ m-1mm)
- Microfiltratie v micropartikelig materiaal (0,1-10 μ m)
- Ultrafiltratie v macromoleculair materiaal (10-100 nm)
- Nanofiltratie (1-10nm)
- Hyperfiltratie of omgekeerde osmose v opgelost ionair materiaal (0,1-1nm)

Onderscheiden v procesvoering obv filtermedium en deeltjeskarakteristieken:

- **Zeeffiltratie:** als filtermedium een semi-permeabel vlak of buisvormig membraan met kleine openingen voor afscheiden v kleine deeltjes uit fluidum (hyper- tem microfiltratie). Membraan werkt als zeef. Toep: hyperfiltratie omgekeerde osmose, proces om in water opgeloste stoffen af te scheiden; tegen osmotische kracht in wordt druk uitgeoefend, waardoor water doorheen membraan verplaatst wordt (permeaat=filtraat) en opgeloste stoffen ad voedingszijde vh membraan achterblijven.
- **Dieptefiltratie:** (=klaringsfiltratie) filtermedium bestaat uit grofkorrelig los opgestapeld materiaal; deeltjes worden weerhouden ad vaste opp id kanalen en capillairen vh filterbed wanneer het fluidum er doorheen stroomt. Toep: klaren v water of dranken
- **Koekfiltratie:** filtrerende werking v filtermedium wordt overgenomen door filterkoek; deeltjes worden weerhouden a opp bovenop filtermedium;

Industriële filtreerapparatuur wordt vaak gebruikt in configuraties en uitvoeringsvormen, voornaamste types zijn:

- **Filtreren met gravitaire druk:** zandfilter; bestaat uit cilindrische tank voorzien v zeefbodem waarop lagen grof grind en zand worden aangebracht; voornamelijk gebruikt voor filteren v water. Water loopt door zandbed, onzuiverheden groter dan poriën worden tegengehouden. Na tijdje wordt bovenlaag ondoordringbaar en moet filter gereinigd worden door zuiver water in tegengestelde richting te sturen (back-washing)
- **Filtreren met overdruk:** gebruikte configuraties hier zijn
 - **Platenfilters:** bevatten reeks geperforeerde holle platen afgedekt met filterdoek; platen zijn op gemeenschappelijke as gemonteerd en zijn volledig ingesloten in drukbestendige buis
 - **Filterpersen of kamerfilters:** p 96!!
 - **Zakkenfilters:** p 97 !!
- **Filtreren met onderdruk (vacuümfilters):** vacuümfilters worden gebruikt om sterk samendrukbare vaste stoffen te filtreren, deze moeten bij lage druk gefiltreerd worden. Vb v filtreerapparatuur waarbij de te filteren vloeistof oiv een onderdruk door de filter wordt gezogen is de trommelfilter; cilindervormig, opp bestaat uit gaas met doek bekleed en roteert langzaam in trog waarin de te filteren suspensie zich bevindt.
- **Filtreren met centrifugale druk:** zie sectie 5.1.2.3.

Keuze v type apparaat wordt bepaald door eigenschappen v te filteren mengsel, te verwerken volume, economische waarde v vaste fractie of filtraat, nood aan filterreiniging en kostprijs v apparatuur.

- [Bezinking of sedimentatie](#)

= techniek gebaseerd op verschillen in deeltjesgrootte en dichtheid. Verschil tss sedimentatie en bezinking is dat bij sedimentatie een dichtheidsverschil moet zijn tss deeltjes en vloeistof. P 98!!!

Bezinkingsnelheid en manier waarop bezinkingsproces wordt uitgevoerd is afh v verschil in dichtheid vd vaste deeltjes en deeltjesgrootte, viscositeit en gewenste graad v sedimentatie. Kleine deeltjes en viskeuze vloeistof -> langzamer bezinkingsproces; door toediening chemische stoffen kunnen deeltjes zich in losse structuur aan elkaar hechten via flocculatie of vlokvorming waardoor bezinkingsproces versneld wordt.

Bezinking wordt uitgevoerd in decantatiecilinder met konische bodem; bezinksel wordt discontinu verwijderd zonder vloeistoflaag te verwijderen. In continu systeem wordt bezinking uitgevoerd in ondiepe, ronde tank met groot opp, waarvan bodem trechtersvormig is. Traag ronddraaiende arm voorzien v 1 of meerdere schraapbladen verzamelt het bezinkende vaste materiaal naar centrale afvoer onderaan de trechter, terwijl heldere vloeistof overgestort wordt via rand vd tank. Doel: klaren v vloeistof of concentreren vd vaste fase voor later gebruik. p 99!!

- [Centrifugatie en cyclonen](#)

= maken gebruik v centrifugale kracht (F_c) om vaste deeltjes te scheiden v vloeistoffen of gassen of om niet-mengbare vloeistoffen onderling te scheiden.

p 99-100!

Cycloon -> figuur p 101

- Fysisch-mechanische scheidingsprocessen

Voornameijk voor scheiden v homogene mengsels

- *Drogen*

Proces om vochtgehalte v stof of product te reduceren, waarbij kleine hoeveelheden water uit product verwijderd worden. Doel: product onder meer gewenste condities brengen met oog op verdere bewerking (verhogen v verbrandingswarmte); stabiliteit en/of houdbaarheid v (bio)producten (bv geneesmiddelen) verlengen.

Vooral gebaseerd op verdampen of sublimeren v water (endotherme processen), waardoor warmte moet toegediend worden uit omgeving. Methodes v drogen indelen volgens manier v warmtetoediening en faseverandering die water ondergaat:

- **Drogen met verwarmde lucht:** te drogen materiaal komt in contact met verwarmde luchtstroom, overdracht vooral door convectie
- **Drogen door contact met verwarmd opp (vlakke plaat of buis waarin warm fluidum stroomt):** overdracht door conductie; efficiënt maar oververhitting is groter
- **Drogen door toediening v stralingswarmte**
- **Vriesdrogen:** water in product bevroren en afkoelen tot T onder vriespunt; daarna ijs sublimeren tot waterdamp door verlagen p

Meest toegepast methode is verdampen v water in warme onverzadigde luchtstroom.

Gebeurt door verschil in dampdruk: p_{damp} v water in product $>$ p_{damp} v water in onverzadigde lucht bij droogprocessen, waardoor drijvende kracht voor massatransfer ontstaat. Tverschil tss drogen product en drooglucht zorgt voor drijvende kracht voor warmtetransfer.

Belangrijk bij drogen is vochtgehalte v drooglucht. Absoluut vochtgehalte v lucht wordt uitgedrukt als massa waterdamp aanwezig per massa- of volume-eenheid droge lucht.

Overeenkomstige $p = p_{\text{damp}}$ v water. Verzadigde lucht = lucht waarin waterdampconcentratie in evenwicht is met vloeibaar water bij een gegeven omgevingsdruk en -temperatuur. Hier is $p_{\text{damp}} = \text{verzadigde } p_{\text{damp}}$.

Hoeveelheid waterdamp in lucht en verzadigde dampdruk nemen toe met T, hierdoor wordt vochtgehalte v lucht uitgedrukt als relatief vochtgehalte (wordt uitgedrukt in procenten vd hoeveelheid waterdamp die nodig zou zijn om lucht bij betreffende T verzadigd te maken).

$RV = p_{\text{damp}} / \text{verzadigde } p_{\text{damp}}$ bij gegeven T en is maat voor (on)verzadigdheid vd lucht.

Verwijderen v water via drogen gaat door tot evenwicht tss vochtgehalte v_h product en relatie vochtgehalte vd lucht waarmee product in contact staat. Wanneer product meet water bevat dan evenwichtswaarde dan zal het water aan de omgevingslucht afgeven en drogen en omgekeerd.

Zie p 102-104!

Soms drogen onder vacuümcondities. Door onderdruk verloopt verdampingsproces sneller en kan T id droogkamer lager worden gehouden. Vacuümdrogen wordt toegepast voor drogen v Tgevoelige of gemakkelijk ontvlabare materialen die niet on contact mogen komen met warme luchtstromen.

Sproeidrogers gebruiken voor drogen v niet te viskeuze oplossingen en suspensies. Het zijn installaties waarin het te drogen materiaal in warme luchtstroom wordt versproeid of verstoven. Dmv sproeikoppen of sneldraaiende schijf verstuift men vloeistof tot kleine druppels waaruit vocht snel verdampt. Opgelost of gesuspendeerde stof valt als poeder onder in de droger. Drooglucht kan zowel in gelijkstroom als tegenstroom langs druppel

worden gevoerd. Zeer fijne vaste deeltjes met luchtstroom meegevoerd en worden hieruit afgescheiden mbv een cycloon of zakkenfilter.

- *Indamping of kristallisatie*

= evaporatie, concentreren v oplossing door weggooien v oplosmiddel (solvent). Kookpunt wordt bereikt bij die T waarbij verzadigde dampdruk vd vloeistof gelijk wordt aan de totaal druk boven de vloeistof. Door afvoeren v damp ontstaan boven kokende vloeistof wordt een meer geconcentreerde oplossing bekomen. Slechts 1 vd componenten is vluchtig(solvent), anderen zijn niet-vluchtig(opgeloste stof).

Doelstellingen:

- Vaste stof terugwinnen uit opl via indamping gevolgd door kristallisatie
- Vormen v zeer zuivere vloeistof, vrij v deeltjes of opgeloste stoffen. Waterdamp gecondenseerd voor verder gebruik
- Bekomen v geconcentreerde opl, wat nodig kan zijn voor navolgende bewerkingsstap of met ook op volumereductie tot lagere opslag-, verpakkings- en transportkosten.

Indampingsnelheid wordt bepaald door snelheid v warmteoverdracht en snelheid v massatransport v damp uit vloeistof. Massatransfer kan versneld worden door creëren v onderdruk boven kokend vloeistof. Drijvende kracht voor warmteoverdracht bij indampen is temperatuurverschil tss warmtemedium en kokende vloeistof. ! p 105-106 !

Kristallisatie is proces waarbij vaste kristallijne deeltjes gevormd worden uit homogene fase. Hierbij zijn 4 mogelijkheden te onderscheiden:

- **Kristallisatie vanuit vloeibare opl.:** opl onverzadigd maken; gaat door oplosmiddel in te dampen of opl af te koelen waardoor maximale oplosbaarheid vd opgeloste stof daalt.
- **Vanuit een smelt:** smelt = vloeibare hete massa waaruit door stolling een vast materiaal kan ontstaan met zelfde chemische samenstelling als de smelt
- Vanuit **homogene dampfase** die door afkoeling onverzadigd wordt.
- **Rekristallisatie** vanuit ander kristallijn materiaal bij specifieke T- en drukomstandigheden.

Rangschikkingsproces waarbij molec of atomen zich ordenen bij kristallisatie verloopt in 2 fasen: eerst vorming v groeikern of nucleus (nucleatie); dan kunnen meer en meer deeltjes zich geordend op kern nestelen en zo wordt kristal groter (kristalgroei)

- *Destillatie*

= proces waarbij verschillende verbindingen in vloeibare opl worden gescheiden obv verschil in vluchtigheid of kookpunt.

Bij dit proces wordt vloeistofmengsel verwarmd tot kookpt waardoor deel vd vloeistof verdampt. Basisvereiste is dat damp andere samenstelling heeft dan er onder kokende vloeistof. Door deze damp te laten condenseren in andere kolf kan vloeistoffractie ontstaan die rijker is dan aan de vluchtigste (makkelijkst verdampende) component. Deze fractie heet destillaat.

p 107!!

- Enkelvoudige destillatie

Hier gebeurt verdeling vd verbindingen tss vloeistoffase en damp in 1 stap. Gevormde damp wordt afgevoerd en gecondenseerd, geen terugvloeï v gevormde condensaat (destillaat) naar kolf. Meerdere uitvoeringsvormen mogelijk:

- Evenwichts- of flash destillatie -> p 108
- Enkelvoudige batch of differentiële destillatie -> p 109

- Fractionele destillatie

Scheidingsefficiëntie v destillatie verhoogd door meertraps waarbij gevormde destillaat opnieuw verdampt wordt. Door dit # keer te herhalen vormt zich uiteindelijk dampstamstelling die enkel meest vluchtige verbinding bevat.

Deze efficiënte scheiding wordt verkregen door tss destilleerkolf en koeler een fractioneerkolom te plaatsen. Zo'n kolom is buis gevuld met glazen bolletjes of staafjes of waarin aantal horizontale geperforeerde platen zijn aangebracht. Opstijgende damp gaat door deze kolom. Door lage T hoger in fractioneerkolom condenseert een deel vh dampmengsel. Er ontstaat situatie waarin opstijgende damp door neerdruppelend condensaat dient te gaan om de koeler te bereiken. Op elke plaat id fractioneerkolom vindt er innig contact plaats tss deze opstijgende gasstroom en neerdalende vloeistofstroom, waarbij moleculen tss de 2 fasen kunnen uitgewisseld worden. Enkel moleculen vd stof met laagste kookpunt kunnen in dit tegenstroomsysteem hogerop komen. Hoe hoger in kolom, hoe rijker damp aan de vluchtigste component.

Scheidingsproces op deze methode gebaseerd is fractionele destillatie of rectificatie. p 110-111!

- Vacuümdestillatie

Laat toe destillatieproces uit te voeren bij T's beneden normale kookpunt vh vloeistofmengsel. Hoogkokende organische verbindingen kunnen vaak niet worden gedestilleerd bij atmosferische druk omdat nodige T voor destillatie leidt tot thermisch uiteenvallen vd stof. Door destilleren bij lagere druk kan probleem vermeden worden. Door creëren v onderdruk begint vloeistof te koken bij lagere T. Wanneer proces uitgevoerd wordt onder volledig vacuüm -> moleculaire destillatie.

- *Absorptie en stripping*

Ook scrubbing of wassing genoemd. Gasmengsel in contact gebracht met vloeistof (absorbent of solvent) waarin 1 of meerdere verbindingen oplossen via gas/vloeistof massatransfer. Verbindingen overgebracht naar vloeistoffase worden solute of absorbaat genoemd. Absorptie wordt gebruikt voor afscheiden v waardevolle producten uit gasmengsel, of voor verwijderen v onzuiverheden of schadelijke verbindingen uit gassen. Toep: deodorizeren v consumentproducten; recupereren v waardevolle gasvormige verbindingen voor productie v consumptiegoederen en produceren v specifieke chemische verbindingen.

Absorptie v gas in vloeistof verloopt sneller als contactopp, concentratieverschil en affiniteit v solvent voor de solute groter zijn en T lager en p hoger is. Ideale absorbent heeft hoge oplosbaarheid voor de solute, lage vluchtigheid en lage viscositeit.

Onderscheid tss fysische en chemische absorptie. Bij fysische enkel massatransfer, bij chemische gaat absorptie gepaard met chemische reactie id vloeistoffase. Chemische reacties kunnen absorptie versnellen, absorptiecapaciteit v solvent verhogen, selectiviteit verhogen en chemische gevaarlijke stoffen omzetten in meer veilige verbindingen.

Omgekeerde proces v absorptie is **stripping of desorptie**. Hier bevat een vloeistofmengsel verbindingen die via massatransfer selectief naar gasfase worden overgebracht.

P 112-114!!!

Gebruik sproeitoren wanneer solute zeer makkelijk oplost in solvent en/of wanneer er slechts een zeer beperkte drukval is toegelaten.

Gebruik bubbel- of bellenkolom bij moeilijk oplosbare stoffen en/of indien er een chemische reactie id vloeistoffase plaatsgrijpt die lange verblijftijd in kolom vergt.

Gebruik centrifugale contactor waarbij vloeistoffase centraal id pakking wordt binnengevoerd, waarna ze via centrifugale krachten naar randen wordt geleid en contactor onderaan verlaat. Gasfase wordt agv gecreëerde onderdruk id contactor binnengeleid en bovenaan centraal afgevoerd. P 115!!

- *Extractie*

Bij extractie worden componenten uit voedingsmateriaal via selectieve massatransfer overgebracht naar vloeistoffase, solvent genaamd. Is voedingsmateriaal een vloeistof dan is er vloeistof-vloeistofextractie en dient het solvent zo gekozen te worden dat het niet homogeen mengbaar is met het voedingsmateriaal. Is voeding vast, dan is er sprake v vast-vloeistofextractie. Doel extractie is isoleren v waardevol product uit een mengsel en/of verwijderen v ongewenst product. 2 fasen bij extractieproces: enerzijds het extract waarin de te extraheren component (solute) zich finaal aangerijkt bevindt, anderzijds het solute-verarmde raffinaat.

Voorkeur voor extractie bij:

- Voor verwijderen v hoogkokende verbindingen die in lage concentraties aanwezig zijn
- Voor terugwinnen v thermolabele verbindingen, waar extractie economischer is dan vacuümdestillatie
- Voor scheiden v stoffen die weinig verschillende kookpunten/vluchtigheden hebben, maar wel groot verschil in oplosbaarheid
- Voor verwijderen v anorganische stoffen die opgelost of in complexvorm voorkomen in organische of waterige oplossingen.

Keuze geschikt solvent is zeer belangrijk!

- *Vloeistof-vloeistof extractie*

P 117!!

P 119!!

- Vast-vloeistof extractie

= leaching, vaste matrix wordt in contact gebracht met geschikt solvent, waarna diffusie plaatsvindt vd af te scheiden verbindingen vanuit vaste matrix naar solvent waarin deze verbindingen oplossen. Ook term wassen gebruikt bij afzonderen v onzuiverheden of ongewenste verbindingen uit vaste stof. Voorbehandelingen (breken, snijden, pletten,..) nodig om extractie zo snel mogelijk te laten verlopen. Belangrijk is keuze van solvent, T, grootte vd vaste deeltjes.

P 120-121!!

- *Adsorptie en desorptie, ionenuitwisseling en chromatografie*

= sorptie operaties waarbij componenten (solutes) vanuit een fluidum (gas of vloeistof) selectief overgebracht worden naar een onoplosbaar medium.

- **Adsorptie:** atomen, ionen of moleculen gaan in een gas of vloeistof diffunderen naar het opp ve vast materiaal, waar zij gebonden worden of vast gehouden worden doorzwakke fysische intermoleculaire krachten. Men spreekt van adsorbaat dat op adsorbens vastzit. Begunstigd door lage temperaturen en hoge drukken.

Toep: onttrekken v ongewenste bestanddelen aan gassen en vloeistoffen (ontgeuring, ontkleuring) en drogen v gassen en vloeistoffen. Omgekeerde proces v adsorptie = desorptie.

- **Ionenuitwisseling:** hierbij gaan ionen met positieve of negatieve lading in meestal waterige vloeistofopl gelijkaardige ionen met zelfde lading verdringen vh vast opp van een ionenuitwisselaar. Deze bevat vaste, onoplosbare en permanent gebonden ionen v tegengestelde lading. Kan zowel anionisch als kationisch zijn. Ionenuitwisselaar kan hergebruikt worden. P 122!!

- **chromatografie:** algemene term voor scheidingstechnieken die steunen op verdeling v te scheiden verbindingen tss 2 niet mengbare fasen, nl mobiele fase (gas of vloeistof) en stationaire sorbens fase (vaste stof, niet-mengbare zeer viskeuze vloeistof of ionenuitwisselaar).

- Sorbentia

Eigenschappen -> p 123!!

3 klassen v industrieel vaak gebruikte sorbentia:

- **Organische koolstofsorbentia:** actief kool! Wordt bereid door partiële oxidatie v organische materialen zoals kokosnootschelpen, hout, steenkool,.. het is hydrofoob en heeft groot specifiek opp zodat het gebruikt wordt voor apolaire of zwak polaire stoffen.
- **Anorganische sorbentia:** silicagel (heeft grote affiniteit voor water en andere polaire verbindingen); aluminium oxide (gebruikt voor afscheiden v zure polaire verbindingen en drogen v gassen); moleculaire zeef zeeolieten (absorbentia met poriën met vaste afmetingen om te kunnen zeven; anorganische kristallijne polymeerstructuur v aluminiumsilicaten met alkali of aardalkali elementen; worden geactiveerd door water te verwijderen dit door verwarmen of door vacuümbehandeling toe te passen, zo ontstaat kooistructuur met openingen in grootte-orde v 4-10 Å, deze openingen werken als zeven)

- **Synthetische organische polymeren:** komen voor als parels met d van 0,5 mm bestaande uit microsferen met d v 10^{-4} mm. Ionenuitwisselaars bestaan uit polymeerproducten v styreen en divinylbenzeen, maar hierop worden functionele groepen aangebracht die een lading bevatten.

5.2.6.2 -> p 125-126

5.2.6.3 -> p 126-127

5.2.7 Membraanscheiding

Membranen kunnen dienst doen als semi-permeabele barrière tss 2 vloeistoffen, 2 gasen of tss vloeistof en gas. Oiv concentratieverschil kan er doorheen membraan een selectieve massatransfer optreden v 1 of meerdere verbindingen zodat deze uit voedingsfase afgescheiden worden en aangerijkt worden id 2^e fase ad andere zijde vh membraan.

Aangerijkte fase is permeaat, de voedingsfase waaruit verbindingen zijn verwijderd is het retentaat. Figuur p 128!!

Membranen bestaan uit dunne laagjes polymeermateriaal die ofwel in vlakke configuratie ofwel in buisvormige configuratie gebruikt worden.

6. Mechanische vervaardigingstechnieken v discrete producten: eenheidsbewerkingen v vaste materialen

figuur p 129!!

Mechanische vervaardigingstechnieken:

- **Oervormen**

Materiaal met niet gedefinieerde vorm wordt omgezet door afkoeling of ander fysisch-chemisch proces in vast materiaal met gedefinieerde vorm.

Uitgangsmateriaal is meestal vloeistof, men spreekt v gieren en extruderen. Vloeibaar materiaal wordt in vorm gegoten of in vorm geperst. Na stolling ontstaat vormvast product. Kan ook met poedervorm. Wordt onder hoge druk in vorm geperst en verhit tot net onder smeltpunt. Door gloeien op hoge T krijgt poeder vaste samenhang. Dit het sinteren. Bij verwerken v metalen spreekt men van poedermetallurgie.

2) Omvormen

Eigenschap v metalen en kunststoffen om, oiv krachten, blijvende vorming te ondergaan. Samenhang v materiaal, volume en massa blijven constant.

Omvormtechnieken voor metalen onderverdelen in 2 groepen:

- Massief omvormen: materiaal kan verschillende omvormingen ondergaan (bv walsen, extruderen, smeden,...). Benodigde F 'en zijn groot.
- Plaatvormen: gebruik v gewalste plaat, materiaal met zeer groot opp in vgl met volume. F 'en veroorzaken grote vormverandering, kleine verandering in dikte. (bv buigen, forceren, rekvormen,...)

3) Scheiden en afnemen

Samenhang v uitgangsmateriaal wordt gebroken. Gewenste product komt tot stand door verwijderen v overtollig materiaal.

Bij scheiden is overtollig materiaal nog bruikbaar want structuur verandert niet. Vb: uitsnijden, knippen,...

Bij afnemen overtollig materiaal fijn verdeeld en afgevoerd id vorm v spanen.

Spaanmateriaal moet gerecycleerd worden. Bv: boren, slijpen, zagen,...

4) Verbinden

Verschillende onderdelen verbinden zodat constructie bepaalde functie kan uitoefenen en nodige mechanische sterkte heeft. Aan verbindingen worden eisen gesteld. Om aan eisen te voldoen bestaan er verbindingstechnieken. Bv: lassen, lijmen, nieten, klinken,...

1-4: doel is gewenste geometrie verkrijgen.

5) Veranderen v materiaaleigenschappen en opbrengen v lagen

Doel: veranderen v materiaaleigenschappen en dus veranderen v structuur.

Bulkbehandelingen (behandelingen die diep doordringen onder opp v materiaal; materiaaleig worden verkregen door opwarmen en afkoelen; bv gloeien en harden) en **oppervlaktebehandelingen** (behandelingen die zich beperken tot dunne laag a opp; doel: morfologische en/of fysisch-chemische eigenschappen en opp te veranderen zonder aantasten v vorm of eigenschappen v bulkmateriaal; redenen zijn verhogen v weerstand tegen corrosie, oxidatie, slijtage, aanbrengen v isolatie en reinigen)

H5 Productietechnologie in de chemische industrie

- P 133

1. De chemische industrie: activiteiten en karakteristieken

1.1 Chemische processen en producten

Onderliggend aan chemische productie: eenheidsprocessen en chemische reacties. Beiden vormen basis v chemische prodtech waarin materiaal- en energiestromen omgezet worden tot productstromen die in chemische samenstelling verschillend zijn vd voedingsstromen.

- Fig p 134

Activiteiten v chem ind zijn gebaseerd op waardetoevoeging aan ruwe GS en transformatie ervan in ruime variëteit v chemicaliën en materialen die vervolgens in industriële of consumentenproducten verwerkt kunnen worden.

Verschil tss chem ind en andere industrieën is heterogeniteit vd producten die voortgebracht worden. -> tabel p 135

1.2 De markt voor chemische producten

fig p 136!

De diversiteit vd sector uit zich ook in de uiteenlopende markten die bediend worden. De afzetmarkten vd chem ind dringen bijna tot elke economische sector door.

Belangrijkste producten uit chem ind geleverd -> p 136

1.3 De chemische industrie in België en Vlaanderen

België is zeer belangrijk id chem ind. Chem ind in België is heterogene sector met diverse subsectoren die brede waaier aan activiteiten en producten voortbrengen. Activiteitsectoren vd chemie en life sciences in België worden vertegenwoordigd door Essenscia. Deze koepelorganisatie groepeert meer dan 650 ondernemingen die samen voor meer 95% vd totale omzet zorgen. De organisatie vertegenwoordigt en verdedigt o.a. de belangen vd sector op Europees vlak door actieve aanwezigheid binnen CEFIC (European chemical Industry Council) en het VBO (Verbond v Belgische Ondernemingen).

Door Essencia worden de activiteiten vd Belgische chem ind gestructureerd in 5-tal subsectoren -> p 137!!

Belangrijkste chemiecentrum ligt in Antwerpen, in Antwerps havengebied, Kempen en Limburg (producenten v primaire kunststoffen, anorganische producten, farmaceutische producten en kunststofartikelen). Daarna komt haven van Gent (fabricage van (an)organische chemische producten en kunststof- en rubberverwerking).

Tabel p 138!!

2. Chemische reacties en reactorconcepten

Niet enkel eenheidsoperaties in chem ind. Om GS om te zetten naar producten met andere chemische samenstelling is er conversie nodig via uitvoeren v chemische reactie (redox, hydrolyse, polymerisatie en elektrolyse). Conditie waaronder reacties doorgaan (T, p, fase,...) zijn belangrijk mbt reactiesnelheid en conversie-efficiëntie. Gebruiken v katalysatoren (versnellen chemische reactie en maken het efficiënter, zonder zelf verbruikt te worden). Doel v katalyse is het verhogen vd controle over de reactie, maximaliseren vd conversie tot gewenst product, minimaliseren v restproducten en verlagen v T en p v proces zodat er minder Everbruik optreedt.

Ontwerpen v chemische reactor is complex. In deze reactor worden de om te zetten materialen (reagentia) aangevoerd, gebeurt conversie en worden finaal de gevormde reactieproducten afgevoerd. In reactor moeten p en T aangepast kunnen worden.

Type operatie vh proces is belangrijk. We onderscheiden continue en discontinue processen, uitgevoerd in respectievelijk doorstroomreactoren en batch reactoren.

Batch reactor

In batch reactor wordt vaste hoeveelheid vd reagentia ih reactorvat gebracht, waarna de reactie in zijn volledigheid wordt uitgevoerd zonder toevoeging bijkomende reagentia of verwijderen v reactieproducten. Goed voor brede waaier aan producten die in kleien hoeveelheden geproduceerd worden (kleurstoffen, farmaceutica,...).

Semi-batch reactor

Hierbij wordt 1 vd reagentia voor aanvang v proces id reactor toegediend, terwijl dit voor andere reagentia stapsgewijs of continu gebeurt.

Doorstroomreactor

In continu proces worden de reagentia doorlopend ad reactorinlaat toegediend terwijl ad uitlaat reactieproducten continu afgevoerd worden. Gebruikt voor bulkproducten. Continue reactoren die in dynamisch evenwicht verkeren, werken stationair of in steady state. Dit wil zeggen dat reactiemengsel een constante samenstelling vertoont op een gegeven plaats in reactor.

3. De petrochemische industrie

Kernactiviteit: verwerken aardolie tot producten als benzine en brandstoffen, GS voor polymeren en kunststoffen en GS vd farmaceutische industrie.

Industriële organische scheikunde steunt op 7 basisproducten (building blocks) waaruit variëteit v organische verbindingen kan geproduceerd worden; deze zijn: etheen, propen, butenen, benzeen, toluen, xylenen en methaan.

Raffineren v ruwe aardolie tot vermarktbaar producten omvat 3 processtappen: scheiding, conversie en chemische nabehandeling.

- **Scheiding:** eerst aanwezig zouten en andere onzuiverheden uit ruwe aardolie afscheiden. Olie opwarmen en erna wassen met vers water en behandelen in elektrisch veld. Vervolgens olie verder verhitten tot T boven kookpunt, waarna ontstane dampen en vloeistoffen scheiden via fractionele destillatie. Fracties die afgescheiden worden tijdens deze stap worden ook straight run products genoemd. (1^e rectificatie). Zwaardere fracties worden vervolgens verder gescheiden tot verschillende soorten oliën en smeermiddelen via vacuumdestillatie. Voor afscheiden v wassen en/of andere semi-vaste verbindingen uit de zware fracties kan gebruikt gemaakt worden v kristallisatie, na afkoelen, gevolgd door filtratie. (2^e rectificatie). Om lichtere componenten die de kolom bovenaan met de dampfase verlaten te recupereren, worden absorptie- en strippingsprocessen ingezet. Dampfase wordt doorheen benzine of kerosine geborrelt en verbindingen zoals propaan, butaan, propeen en buteen worden geabsorbeerd. Het aangerijkte solvent wordt vervolgens gestript met bv stoom, waarna de gestripte verbindingen gecondenseerd en verwerkt worden tot LPG. Om de vloeistofstromen die afgetapt worden op verschillende hoogtes in rectificatiekolom verder op te zuiveren, wordt solventextractie gebruikt. Hiertoe wordt afgevoerd vloeistofstroom vermengd met solvent waardoor bepaalde verbindingen selectie oplossen en eventueel omgezet worden tot vaste stof.
- **Conversie:** tijdens conversie worden minderwaardige fracties bekomen na scheidingsstap omgezet tot meer hoogwaardige en bruikbare producten. 1^e belangrijke proces hierbij: **kraking**; scheikundige techniek waarbij grote organische moleculen omgevormd worden tot moleculen met lager moleculair gewicht. Dus zware petroleumfracties worden omgezet tot lichtere producten zoals nafta. Er worden gasvormige verbindingen gevormd die als GS kunnen dienen bij productie v plastisch, synthetische rubbers, detergents, textiel en agrochemicaliën. We onderscheiden thermisch kraken en katalytisch kraken (kan zowel in fluidized bed als fixed bed configuratie uitgevoerd worden). In tegenstelling tot kraken zijn reforming, alkylatie en polymerizatie conversietechnieken die uitgevoerd worden met lichtere fracties.
- **Chemische nabehandeling:** hiertoe behoort **(1) ontzwavelen:** waterstof (H₂) wordt bij betreffende fractie toegediend, waarna organische zwavel id aanwezigheid v katalysator wordt omgezet tot waterstofsulfide. Dit wordt vervolgens uit mengsel afgescheiden en gebruikt als GS voor productie v elementair zwavel.; **(2) toevoegen v additieven:** doelen zijn verhogen v octaangetal, verbeteren v anti-vrieseigenschappen, verbeteren vd eigenschappen v smeeroliën,... Zoveel mogelijk minimaliseren.; **(3) opmenging v verschillende geraffineerde petroleumfracties:** doel is om finaal product te vormen waarvan bepaalde eigenschappen beter zijn dan vd afzonderlijke fracties. Belangrijke eig zijn viscositeit, kleur, vluchigheid,...

4. Kunststoffen en kunststofverwerkingstechnologie

Kunststoffen = kunstmatig of synthetisch vervaardigde materialen waarin omwille van verbetering van materiaaleigenschappen allerlei toevoegstoffen vermengd worden. Het zijn (eind)producten die opgebouwd zijn uit zeer grote moleculen (macromoleculen of polymeren), die in essentie bestaan uit lange ketens van zich herhalende moleculaire bouwstenen (monomeren) en die als dusdanig niet in de natuur kunnen gevonden worden.

Toepassingen van kunststoffen stijgen: metalen componenten vaker vervangen door kunststoffen onderdelen. Voordelen van kunststoffen: lage dichtheid, bestendigheid tegen corrosie en chemicaliën, geringe elektrische en thermische geleidbaarheid, geluidsdemping en het gemak waarmee voor relatief gunstige prijs gekleurde of transparante werkstukken of consumentenproducten vervaardigd kunnen worden. Daar staat tegenover dat stijfheid en sterkte vaak relatief gering zijn en dat het toepassingsgebied voor wat betreft T beperkt blijft.

Niet alle polymeren zijn synthetisch, ook in natuur komen polymeren voor: biopolymeren (polysacchariden en eiwitten). Fct's van biopolymeren zijn:

- Dienst doen als structurelement en bouwsteen (eiwitten kunnen aanzien worden als bouwstenen van spieren)
- Energievoorraad (bv zetmeel in tarwe en aardappelen)

In natuur voorkomende polymeermaterialen vinden evenwel ook hun toepassingen in industriële prodtech, bv:

- **Papierindustrie:** productie van papier door cellulose-bevattende GS
- **Productie van lijmen:** polysaccharide- en eiwitgebaseerde lijmen
- **Textielindustrie:** bij verwerking textielvezels wordt gebruik gemaakt van natuurlijke (wol, katoen, vlas) en synthetische (nylon, polyester) polymeermaterialen.
- **Voedingsindustrie:** gebruik van zetmeel (polysaccharide) als indikkingsmiddel in levensmiddelen-technologie

4.1 Synthese, structuur en indeling van kunststoffen

2 synthesesmethoden voor het aan elkaar hechten van monomere bouwstenen tot vorming van kunststofpolymeren:

- **Additiepolymerisatie:** moleculen worden hierbij ongewijzigd achter elkaar gekoppeld. Het uitgangsmateriaal is een monomeer in oplossing, in emulsie, in dampvorm of gewoon een onverdunde vloeistof.
- **Condensatiepolymerisatie:** samenvoeging van 2 soorten monomeren die polymeriseren met vorming van nieuwe molecuul.

Voor beiden geldt dat reactie enkel op gang komt als een katalysator wordt toegevoegd of als er gebruikt wordt gemaakt van verhoogde p en T. Lengte van polymeerketens kan naar wensen worden geregeld, is belangrijk gegeven want ketenlengte heeft grote invloed op materiaaleigenschappen en heeft invloed op gemak waarmee polymeermaterialen zich tot producten laten vormen.

Kunststoffen bestaan uit polymeerketens die opgebouwd zijn uit verschillende soorten monomeren. Elk van 2 monomeren die aan co-polymerisatieproces deelnemen, zou ook op zichzelf polymeerketen kunnen vormen, maar doordat 2 monomeren samen polymeriseren, ontstaat er een polymeer waarin ketendelen van beide polymeren voorkomen. Co-

polymerisatie is belangrijk omdat men zo de eigenschappen v bestaande polymeren kan verbeteren en zo een vrijwel oneindig aantal soorten kunststoffen kan maken. Een andere manier om polymeren met elkaar te combineren is mengsels maken.

Indeling v kunststoffen is gebaseerd op structuur vd macromoleculen -> p 149-150 !!

Fysische en mechanische eigenschappen worden door structuur en graad v kristalliniteit bepaald. Gebaseerd op deze beschouwingen worden kunststoffen onderverdeeld in:

- **Thermoplasten:** boven bepaalde T gaan deze gemakkelijk plastisch vervormen en bij verdere T-verhoging gaan verweken en smelten. Dit proces is omkeerbaar. Bij plastische deformatie vervormen de macromoleculen maar blijven zelfde positie ten opzichte van elkaar aanhouden. Bij verweken gaan macromoleculen tov elkaar verschuiven. Enkel mogelijk bij lineaire (polyetheen) en vertakte polymeerketens (polystyreen).
- **Elastomeren of synthetische rubbers:** elastisch + monomeer = elastomeer. Het zijn polymeren met rubberachtige eigenschappen. Een rubber is een materiaal dat in een trekproef met ten minste 200% kan worden uitgerokken zonder dat het breekt en daarna snel en krachtig tot oorspronkelijke afmetingen kan terugkeren. Elastomeren zijn in beginsel platen die in eindfase vh productieproces vulkanisatie ondergaan. Tijdens dit proces wordt het polymeer onder druk en onder toevoeging van bv zwavel verhit, waardoor grofmazige vernette structuur ontstaat met lange beweeglijke ketenstukken tussen de cross-links. Hierdoor krijgen deze materialen elastisch gedrag, maar verweken ze niet. Bv: gevulkaniseerde isopreen- en styreen-butadienrubbers.
- **Thermoharders:** hierbij ontstaat tijdens polymerisatieproces een fijnmazige 3dimensionale netwerkstructuur. Als gevolg hiervan zullen thermoharders sterker, stijver, harder en brosser zijn dan thermoplasten en betere vormstabiliteit hebben. Bij temperatuursverhoging treedt er geen verweking op, maar zal materiaal gaan ontleden. Dit heeft gevolgen voor vormingsprocessen waarmee producten uit een thermoharder gemaakt kunnen worden. Vb : fenoplasten en epoxyharsen.
- P 151!!

4.2 Verwerkingstechnieken voor kunststoffen

Thermoplasten worden na polymerisatie, afkoeling en stolling door de materiaalproducent in de vorm v granulaat (korrels) of poeder ad kunststofverwerkende industrie geleverd. Bij thermoharders wordt voor kunststofverwerking uitgegaan v nog niet uitgeharde GS, welke vaak als viskeuze vloeibare pasta of hars wordt aangeleverd of soms als niet uitgehard materiaal.

4.2.1 Oervormen van kunststoffen

Alle primaire vormgevingsprocessen vinden plaats in viskeuze toestand. Voor thermoplasten en elastomeren betekent dit dat uitgangsmateriaal verwarmd wordt waarna vormgeving plaatsvindt en het product na afkoeling en stolling de gewenste vorm, sterkte en stijfheid krijgt. Elastomeren ondergaan nog vulkanisatieproces. Thermoharders kunnen na

polymerisatie en verharding niet meer in rubber- of viskeuze toestand gebracht worden; product zal dus zijn vorm tijdens polymerisatieproces moeten verkrijgen.

Voornaamste industriële oervormmethodes:

Gieten, persen, sinteren:

- **Gieten:** vloeibaar materiaal wordt in matrijs gegoten waar het een product vormt na stolling of uitharding. Enkel laagviskeuze kunststoffen kunnen gegoten worden. De bij de uitharding vrijgekomen warmte moet tijdig via gietvorm worden afgevoerd, anders gevaar voor ontleding. Varianten hierop zijn rotatiegieten en centrifugaalgieten, waarbij uitgegaan wordt van poedervormig polymeermateriaal. Bij **rotatiegieten** wordt granulaat toegevoerd in verwarmde dunwandige metalen matrijs die geroteerd wordt om 2 onderling loodrechte assen. Granulaat smelt zodra het contact maakt met matrijswanden en vormt een schil die een afdruk is van de vorm van de binnenkant van de matrijs, en dat na afkoeling uit de matrijs kan worden genomen. Goed voor productie holle producten. Bij **centrifugaalgieten** wordt gietvorm om 1 as geroteerd met hogere rotatiesnelheid dan bij rotatiegieten. Voordelen: een meer reproduceerbare wanddikte kan verkregen worden en mechanische eigenschappen zijn beter bij centrifugatiegieten.
- **Persen:** bij koudpersen wordt hoeveelheid vloeibare kunststof in geopende matrijsholte gegoten, daarna wordt ondermatrijs met bovenmatrijs of plug gesloten waarna men bepaalde p en T instelt tot materiaal de holte helemaal heeft opgevuld en uitgehard is. Bij warmpersen wordt uitgegaan van een niet-uitgehard voorverwarmd poeder, dat in de matrijs verder verhit wordt tot in de viskeuze toestand. Nadat matrijs onder druk is gevuld, ondergaat het materiaal een uitscheidingsreactie.
- **Sinteren:** wordt gebruikt voor vormgeving van thermoplastische polymeren die een hoog smeltpunt hebben. Polymeermateriaal wordt, in de vorm van poederdeeltjes, samengedrukt en verwarmd tot T waarbij de deeltjes zich met hun oppervlakken aanhechten en samenvoegen. Er treedt geen smelting op.

Extruderen en kalenderen -> voorstelling zie p 153-154

Spuitsgieten (zie ook figuur p 154)

- **2K-spuitsgieten (co-injectie of sandwich moulding):** 2 polymeren kunnen binnen zelfde productiecycclus verwerkt worden, met iets gesofisticeerdere apparatuur. Eerst wordt afgemeten hoeveelheid van 1 polymeer geïnjecteerd, daarna dosis van 2^e polymeer dat in eindproduct bijvoorbeeld omhullende laag vormt rond product dat uit eerste polymeer werd gevormd.
- **Schuimstructuur:** matrijs wordt gedeeltelijk gevuld waarna geïnjecteerd materiaal spontaan uitzet tot het de matrijs helemaal opvult. Soms gebruik gemaakt van chemisch of fysisch schuimmiddel. Chemisch: toevoegen aan smelt en vormen boven een bepaalde T via chemische reactie een gas dat zich als vele kleine belletjes homogeen verdeelt in eindproduct. Fysisch: CO₂ of N₂ gas in smelt geïnjecteerd; Door werken met gastegendruk wordt schuimvorming aan oppervlak vermeden; resultaat is eindproduct dat massieve randzone heeft maar dat kern bezit met schuimstructuur zodat het product als geheel lagere dichtheid heeft; door lage dichtheid zijn vormstukken van structuurschuim goedkoper en lichter.
- **Reactiespuitsgieten of reaction injection moulding (RIM):** hierbij vindt polymerisatieproces van kunststof in spuitgietmatrijs zelf plaats. Dit betekent dat een monomeer en 1 of meerdere reactieve vloeistoffen in machine worden gemengd, waarna het mengsel met een pomp onder hoge druk in verwarmde matrijs wordt

gespoten. In de matrijs ontstaat het product door polymerisatie in de vormholte. Terwijl het polymeer ontstaat, zet men het mengsel uit, tot het de matrijs helemaal opvult. De schuimende werking van reagerende stoffen levert de druk uit die nodig is voor de replicatie van matrijsdetails en de reactiewarmte versnelt de harding van het polymeer.

4.2.2 Omvormen van kunststoffen

Thermoplastische halfproducten die in het primaire vormgevingsstadium zijn vervaardigd kunnen na opwarmen tot in het rubbergebied een secundaire omvorming ondergaan.

Extrusie-blaasproces -> p 156

Spuitspuit-blaasproces

Hierbij wordt op een spuitgietmachine eerst een voorgevormde huls gemaakt. Vervolgens wordt de voorgevormde huls in nog een weke toestand op een volgende werkstation met behulp van verwarmde perslucht tegen de binnenwanden van de gekoelde blaasmatrijs geblazen en afgekoeld. Voordelen: constante wanddikte en naadloze bodems.

Folieblazen

Gecombineerd met extrusieproces. Een extruder met verticaal geplaatste extrusieopening vervaardigt met behulp van een ringvormige spuitmond een dunwandige weke buis. Deze wordt door inwendige overdruk tot veelvoud van zijn oorspronkelijke diameter opgeblazen. Daarna wordt de buisafgekoeld en in lengterichting opengesneden en opgewikkeld.

Thermovormen -> p 156-157

5 Farmaceutische industrie -> slide 24!!

6 "From fossil-based tot bio-based" industrie

Duurzame ontwikkeling: samenleving en industrieel/economisch gebeuren ontwikkelen waarbij geen uitputting van grondstoffen optreedt, geen ingrijpende milieu- en klimaatveranderingen voordoen en waarbij sociaal-economisch evenwicht centraal staat.

Principe van groene chemie! Enkele principes:

- Beter afval voorkomen dan verwerken
- Vermijden van gebruik van hulpstoffen
- Minimaliseren van afval
- Effectiviteit behouden, toxiciteit laten dalen
- Hernieuwbare ipv uitputbare grondstoffen gebruiken

Eén van de speerpunten van de groene chemie is het gebruik van renewable resources als uitgangspunten voor productie van chemicaliën en materialen voor niet-voedingstoepassingen en energievoorziening. Op die manier wordt een duurzaam alternatief beoogd voor petroleum-gebaseerde producten. Belangrijkste drijfveren voor de biobaseerde economie zijn streven naar ecologische, economische en maatschappelijke vooruitgang en nog meer concreet:

- Op economische en ecologisch gunstige manier valoriseren van landbouwoverschotten in technologisch ontwikkelde landen en vinden van nieuwe afzetmarkten voor landbouwproducten.
- Toenemend belang voor hernieuwbare grondstoffen tegenover eindige fossiele brandstoffen
- Belang voor groene technologie met minder afval en emissies

- Ontwikkelen v economisch gunstige productieprocessen met veelal goedkopere hernieuwbare GS
- Beter verdeling v rijkdom over aarde

Omwille v hun fysisch-chemische eigenschappen kunnen landbouwproducten gebruikt worden als GS voor productie v breed gamma aan vermarktbaar producten id niet-voedingssector. 2 essentiële factoren:

- Verwerkingsproces moet technisch uitvoerbaar zijn: witte biotechnologie en bioraffinaderijen spelen hier essentiële rol
- Economische concurrentiepositie tov andere GS moet gunstig zijn

Uitdagingen bij uitbouw biogebaseerde industrie zijn:

- Ontwikkeling v efficiënte technologieën gekenmerkt door procesverbetering en diversificatie v bioproducten
- Bereiken v voldoende schaalgrootte
- Clustervorming, integratie en gebruik v synergieën binnen groter geheel