1. **Patronen**
   1. Patronen in uiteenlopende situaties qua schaal en systeemniveau kunnen herkennen
   2. Vragen kunnen stellen bij patronen
   3. Patronen in gegevens kunnen onderscheiden in grafieken en tabellen
   4. Patronen kunnen classificeren
   5. Patronen kunnen gebruiken om verklaringen te geven
   6. Patronen kunnen voorspellen
   7. Patronen kunnen duiden met behulp van concepten
   8. Patronen kunnen onderscheiden in het functioneren van ontwerpen

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Zie je regelmaat in de gegevens/het plaatje?
* Kun je die regelmaat omschrijven of zichtbaar maken?
* Lijkt die regelmaat op andere patronen?
* Hoe noem je dit soort patronen?
* Hoe kun je de elementen in het patroon ordenen?
* Hoe is het patroon te verklaren?
* Hoe zou je dit nader kunnen onderzoeken?
* Zie je afwijkingen in het patroon?
* Hoe zijn de afwijkingen te verklaren?
* Kun je het patroon nader invullen met ontbrekende gegevens?
* Zegt het patroon iets over de toekomst?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

* 1. Met ijzervijlsel kan het patroon van een magnetisch veld bij een magneet zichtbaar gemaakt worden.
  2. De planeten van ons zonnestelsel bewegen zich langs ellipsbanen.

Biologie:

* 1. Aan een fossiele schedel is te zien wat voor voedsel dit dier at.
  2. Peristaltiek lijkt op het voortbewegen van een regenworm.

Scheikunde:

* 1. Chemische reacties zijn onder te verdelen in verschillende categorieën reacties, zoals verbrandings- en ontledingsreacties, elk met hun eigen specifieke kenmerken.
  2. Er wordt bij chemische reacties onderscheid gemaakt tussen exotherme en endotherme reactie.

Technologie:

1. Eigenschappen van materialen, gereedschappen en bewerkingen kunnen worden geclassificeerd.
2. De driehoek is een constructieprincipe voor een stabiele vorm.
3. **Schaal, verhouding en hoeveelheid**
   1. Afmetingen, afstanden, structuren, hoeveelheden en tijden op diverse schaalniveaus kunnen beschrijven
   2. Metingen op diverse schaalgroottes kunnen uitvoeren of beschrijven
   3. Een aantal schalen kennen
   4. Schaalgroottes kunnen illustreren aan de hand van modellen
   5. Het nut van logaritmische schalen kunnen aangeven
   6. Effecten van schaalvergroting kunnen toelichten, zoals de verhouding oppervlak/volume
   7. Grootheden zoals snelheid en dichtheid in de vorm van verhoudingen kunnen hanteren
   8. Ordes van grootte kunnen aangeven en daarbij geschikte eenheden gebruiken
   9. Inzien dat waarneembare verschijnselen op macroschaal vaak alleen verklaard kunnen worden op microschaal

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Hoe groot, veel, vaak is X? [X = grootheid]
* Wat is een geschikte eenheid om de grootte in uit te drukken?
* Hoe kun je de grootheid meten?
* Hoe verhoudt de werkelijke grootte zich tot de afbeelding?
* Kun je uit de afbeelding de ware grootte bepalen?
* Kun je de verschillende gegevens in rangorde zetten op een geschikte schaal?
* Wat is het voordeel van een logaritmische schaal?
* Uit welke grootheden is de verhoudingsgrootheid Y samengesteld?
* Wat is het verschil tussen de eigenschappen op micro- en macroschaal?
* Wat zijn de gevolgen voor oppervlak en volume wanneer iets in lengte, breedte en hoogte 2x zo groot/klein wordt?
* Wat zijn de voordelen van oppervlakte vergroting/verkleining?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. 300 km boven het aardoppervlak is een snelheid nodig van 7,8 km/s (28.000 km/h) om niet terug te vallen op aarde.
2. Op de maan is de valversnelling en dus de zwaartekracht ongeveer zes maal zo klein als op aarde.

Scheikunde:

1. In een bepaalde reactie reageren stoffen steeds in een vaste verhouding.
2. Een suikerklontje bevat in de orde van 1022 sucrose moleculen.

Biologie:

1. Door de darmvlokken heeft de dunne darm een oppervlak van ongeveer een tennisveld
2. Een blikje cola bevat evenveel suiker als 10 suikerklontjes

Technologie:

1. Uit een werktekening op schaal kan worden afgeleid welke afmetingen het werkelijke product heeft.
2. Bij het ontwerpen van bepaalde constructie zoals een brug, moet rekening gehouden worden met krachten ter grootte van duizenden Newton.
3. **Oorzaak en gevolg**
   1. Oorzaak en gevolg kunnen onderscheiden bij verschijnselen
   2. Relaties tussen oorzaak en gevolg kunnen leggen
   3. Onderscheid kunnen maken tussen correlatie en oorzaak
   4. Verschijnselen in natuur en techniek kunnen voorspellen op basis van kennis van mechanismen
   5. Herkennen dat verschijnselen meerdere oorzaken kunnen hebben
   6. Bij sommige oorzaak-gevolg situaties de waarschijnlijkheid kunnen aangeven
   7. Onderscheid kunnen maken tussen vragen waartoe (functie) en waardoor (oorzaak)
   8. Patronen kunnen verklaren met mechanismen
   9. Mechanismen op verschillende schaalniveaus kunnen beschrijven
   10. Systematisch kunnen zoeken naar oorzaken van falende systemen
   11. Beweringen over oorzaak-gevolg beweringen kritisch kunnen beschouwen

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Wat heeft dit verschijnsel Y veroorzaakt?
* Is er sprake van een of meerdere oorzaken?
* Is de verklaring op micro- of macroschaal?
* Welke gevolgen kan X hebben?
* Zijn de gevolgen goed te voorspellen?
* Mag je wel concluderen dat Y het gevolg is van X wanneer er sprake is van correlatie?
* Is er wellicht een oorzaak Z voor zowel X als Y?
* Leidt een bepaalde oorzaak altijd tot hetzelfde gevolg?
* Heeft een bepaald gevolg altijd dezelfde oorzaak?
* Is er sprake van een direct gevolg of een verhoogde kans op een gevolg?
* Zijn oorzaak en gevolg weer te geven in een kringloop?
* Waarom verloopt een bepaald proces wel of niet?
* Waarom functioneert een ontwerp niet in de praktijk?
* Wat zou er gebeuren als het ontwerp op bepaalde punten wordt aangepast?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. Een grotere kracht veroorzaakt een grotere versnelling.
2. Een grotere massa veroorzaakt een grotere zwaartekracht.

Scheikunde:

1. Chemische reacties komen tot stand via het botsen van reagerende deeltjes.
2. Sommige stoffen zijn reactiever dan anderen (zie ook structuur en functie).

Biologie:

1. Honger wordt zowel beïnvloed door het glucosegehalte in het bloed als door druk op de maagwand
2. Glutenallergie leidt tot beschadiging van de darmwand, waardoor voedsel niet goed wordt opgenomen, met als gevolg o.a. moeheid, bloedarmoede en diarree.

Technologie:

1. De werking van een product kan verklaard worden door de verschijnselen waar gebruik van wordt gemaakt.
2. Bij het ontwerpen van (bewegende) artefacten speelt het overwinnen van wrijvingskrachten een belangrijke rol.
3. **Systemen en systeemmodellen**
   1. Met voorbeelden kunnen illustreren dat systeemmodellen nuttig zijn om complexe verschijnselen te beschrijven en te analyseren
   2. Processen kunnen beschrijven aan de hand van een systeemmodel
   3. In systemen onderscheid kunnen maken tussen componenten, subsystemen, grenzen, input/output stromen en feedback
   4. Beperkingen van systeemmodellen kunnen aangeven
   5. Aan de hand van een systeemmodel voorspellingen kunnen doen in natuur en techniek situaties

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Hoe kun je een proces schematisch weergeven met een systeem?
* Uit welke onderdelen bestaat het systeem?
* Hoe hangen die onderdelen samen?
* Kun je in dit systeem aangeven wat de grenzen zijn en wat de wisselwerking met de omgeving is??
* Kun je in dit systeem in- en output en feedback aangeven?
* Kun je aan de hand van het systeemmodel voorspellingen doen?
* Wat is het voordeel van het gebruik van een systeemmodel?
* Wat zijn de beperkingen van het gebruik van een systeemmodel?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. Een constructie is een bouwwerk waarin trek- en drukkrachten elkaar in evenwicht houden.
2. Door middel van overbrengingen kunnen krachten vergroot of verkleind worden.

Scheikunde:

1. Aan de positie van een element in het periodieke systeem kan (tot op zekere hoogte) worden afgeleid geeft hoe reactief dat element is.
2. Het verloop van een chemische reactie tussen twee stoffen kan voorspeld worden op basis van beschouwingen op microniveau.

Biologie:

1. Het darmkanaal kan je beschouwen als een lange gekronkelde buis.
2. De belangrijkste output van het spijsverteringsstelsel is niet de poep, maar de voedingsstoffen in het bloed.

Technologie:

1. Bij een technisch systeem kan op basis van de relaties tussen de deelsystemen worden aangeven hoe de onderdelen (deelsystemen) samen een hoofdfunctie realiseren.
2. Een productiesysteem, een transportsysteem en een communicatiesysteem hebben elk specifieke componenten (bijv. voor energie- of informatieomzetting); dit geldt ook voor installaties in huis.
3. **Behoud, transport en kringlopen van energie en materie**
   1. Wetten van energie- en materiebehoud adequaat kunnen toepassen, zowel in chemische als fysische processen
   2. Materie op verschillende schaalniveaus kunnen beschrijven
   3. De rol van materie en energie in uiteenlopende processen kunnen aangeven
   4. Diverse kringlopen kunnen onderscheiden aan de hand van energie en materie
   5. Diverse energievormen kennen
   6. Energieomzettingen kunnen aangeven

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* In welke toestanden kan massa zich voordoen?
* Welke energievormen ken je?
* Welke stofveranderingen ken je?
* Welke energieomzettingen ken je?
* Kun je voorbeelden geven van behoudswetten?
* Wat blijft precies behouden in een proces en wat kan er toch veranderen?
* Kun je voorbeelden geven van kringlopen?
* Wat zijn de kenmerken van een kringloop?
* Wat is de omloopsnelheid van een kringloop?
* Hoe veranderen massa en energie in een bepaalde kringloop?

Op welke manier en op welke schaal vindt transport van energie en materie plaats?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. Als krachten die op een voorwerp werken elkaar opheffen, behoudt het voorwerp dezelfde snelheid of blijft in rust.
2. Zwaartekracht en opwaartse kracht spelen een belangrijke rol bij het in stand houden van onder meer de waterkringloop.

Scheikunde:

1. Bij een reactie is de totale massa van de beginstoffen gelijk aan het totale massa van de reactieproducten.
2. Bij een reactie geldt atoombehoud, d.w.z. het aantal atomen aan beide zijden van het reactiepijl is hetzelfde.

Biologie:

1. Stoffen die je met het voedsel binnenkrijgt en niet kunt uitscheiden gaan zich ophopen.
2. Als je lichaam op hetzelfde gewicht blijft betekent dit dat je evenveel energie hebt gebruikt (bijv. door bewegen) als dat je binnen hebt gekregen via het voedsel
3. In elke levensfase heb je verschillende typen voedsel nodig

Technologie:

1. Van elk product kan een systeemanalyse gemaakt worden, waarin de materie-, energie- en informatiestromen zijn aangegeven in de verschillende deelsystemen.
2. De werking van een apparaat is er vaak sprake van het omzetten van de ene naar de andere energievorm.
3. **Structuur en functie**
   1. Een model kunnen gebruiken om de relatie tussen structuur en functie te illustreren in contexten van natuur en techniek
   2. De functie van componenten van een structuur kunnen aangeven
   3. Aan de hand van de beoogde functie van een ontwerp de noodzakelijke eigenschappen van de componenten kunnen aangeven
   4. Kunnen aangeven dat vertrouwde vormen vaak berusten op achterliggende functies

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Hoe ziet de structuur van een object of een stof er uit?
* Heeft de structuur een patroon?
* Uit welke onderdelen bestaat de structuur?
* Hoe hangen die onderdelen met elkaar samen?
* Hoe ziet het proces of gedrag er uit dat door de structuur wordt bepaald?
* Waar is de structuur van gemaakt en wat zijn de eigenschappen van het materiaal die daarmee samenhangen?
* Waar dient de structuur voor?
* Hoe bevordert de structuur de functie?
* Kan de structuur worden verbeterd om de functie nog beter te kunnen vervullen?
* Komt de structuur voort uit de functie?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. Met een breekijzer kan met een relatief kleine kracht een grote kracht uitgeoefend worden.
2. De wrijvingskracht van lucht bij bijvoorbeeld schaatsers kan worden verkleind door het dragen van aerodynamische kleding.

Scheikunde:

1. De reactiviteit van stoffen (en daaraan gekoppeld hun mogelijke functie) kan verklaard worden aan de hand van hun microstructuur.
2. Explosieve stoffen geven aanleiding tot extreem snelle verbrandingsreacties waarbij veel gassen vrij komen.

Biologie:

1. Gebitten van planteneters zijn geschikt om vezelrijk voedsel mee te vermalen
2. De bouw van een rups is vooral gericht op voeding en groei, de bouw van de vlinder vooral op voortplanting.

Technologie:

1. Aan de hand van de beoogde functie van een ontwerp kunnen de eigenschappen van de componenten beschreven worden.
2. De functie van een ontwerp kan soms verbeterd worden door de vorm en structuur aan te passen.
3. **Stabiliteit en verandering**
   1. De mate van verandering kunnen uitdrukken in grootheden
   2. Verschillende soorten evenwicht (statisch, dynamisch en cyclisch) kunnen onderscheiden
   3. De rol van feedback bij stabiliteit kunnen aangeven
   4. Verandering op diverse tijdschalen kunnen bezien
   5. De oorzaken van veranderingen kunnen aangeven
   6. Het belang van een stabiele omgeving voor het functioneren van organismen kunnen aangeven

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Van welk soort evenwicht is sprake bij stabiliteit?
* Wat is de aard van de verandering?
* Wat is bij deze verandering de uitgangssituatie?
* Wat veroorzaakt veranderingen?
* Wat veroorzaakt stabiliteit?
* In welk tempo en op welke schaal vinden veranderingen plaats?
* Wat bepaalt de snelheid van veranderingen?
* Hoe kan de snelheid van verandering beïnvloed worden?
* Wat is het belang van stabiliteit in een bepaalde situatie?
* Past de stabiliteit of verandering in een patroon?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. Zolang krachten elkaar in evenwicht houden, blijft een voorwerp bewegen of blijft in rust.
2. Het in beweging houden van een voorwerp wordt in het dagelijks leven ervaren als het voortdurend uitoefenen van een kracht op dat voorwerp.

Scheikunde:

1. Chemische reacties hebben vaak een kleine hoeveelheid energie nodig om op te starten zoals bv. bij het aansteken van een lucifer.
2. De snelheid waarmee chemische reacties verlopen wordt o.a. bepaald door temperatuur en hoe fijn de reagerende stoffen verdeeld zijn.

Biologie:

1. Als je lichaam op hetzelfde gewicht blijft betekent dit dat je evenveel energie hebt gebruikt (bijv. door bewegen) als dat je binnen hebt gekregen via het voedsel
2. In elke levensfase heb je verschillende typen voedsel nodig

Technologie:

1. Feedback kan in een systeem stabiliteit dan wel een verandering teweeg brengen.
2. De driehoek is een constructieprincipe voor een stabiele vorm.
3. **Duurzaamheid**
   1. De invloed van de mens op het milieu met voorbeelden kunnen illustreren op lokale en wereldschaal
   2. Kenmerken van duurzaamheid kunnen benoemen
   3. Met voorbeelden kunnen aangeven hoe individuen, bedrijven en overheid kunnen bijdragen aan duurzaamheid

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Wat is de invloed van menselijk handelen op de instandhouding van systemen?
* Zijn er in dit verband verschillen tussen lokaal, nationaal en internationaal niveau?
* Wanneer is er sprake van duurzaamheid?
* Hoe is de duurzaamheid verbonden met behoud en kringlopen, en met stabiliteit en verandering?
* Wat is het belang van duurzaamheid?
* Hoe kan een technisch systeem duurzaam worden gemaakt?
* Hoe kan duurzaamheid worden bevorderd op lokaal, nationaal en internationaal niveau?
* Voor wie is duurzaamheid van belang?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. Met gebruik van de kracht van water en wind kan duurzame energie opgewekt worden.
2. Het verminderen van wrijvingskrachten levert een belangrijke bijdrage aan het verminderen van het energiegebruik.

Scheikunde:

1. Het dumpen in een bos van chemisch afval van illegale druglabs dragen niet bepaald bij aan duurzaamheid.
2. De ontwikkeling van nieuwe materialen zoals afbreekbare plastics draagt bij aan de duurzaamheid.

Biologie:

1. Van eenzelfde oppervlak kan je veel meer plantaardig voedsel oogsten dan dierlijk voedsel
2. Voedselproductie houdt vaak in dat bestrijdingsmiddelen en kunstmest worden toegevoegd aan het milieu.

Technologie:

1. Bij het ontwerpen van technische middelen wordt rekening gehouden met onderhoud en recyclen.
2. Recyclen wordt in zijn extreme vorm ook wel cradle to cradle principe genoemd
3. **Risico’s en veiligheid**
   1. Voorbeelden kunnen geven van risico’s voor de mens als gevolg van natuurverschijnselen en menselijk handelen
   2. Bij risico’s onderscheid kunnen maken tussen de grootte van de kans en de omvang van de gevolgen
   3. Kennis kunnen gebruiken om risico’s te analyseren en aan te geven hoe risico’s kunnen worden verkleind
   4. Beweringen over de grootte van risico’s kritisch kunnen analyseren

Mogelijke vragen bij deze denkwijze die in lesmateriaal verwerkt kunnen worden:

* Wat is de aard van het risico?
* Wat is de oorzaak van het risico?
* Wat is de kans op een onveilige situatie?
* Wat kunnen de gevolgen zijn bij de onveilige situatie?
* Hoe kan de kans op onveiligheid worden verkleind?
* Hoe kunnen de gevolgen worden beperkt?
* In hoeverre is een bepaald risico aanvaardbaar?
* Wat bepaalt of een risico aanvaardbaar is?
* Wie bepaalt of een risico aanvaardbaar is?
* Is een bepaalde bewering over risico’s terecht of onterecht?
* Hoe wordt het publiek ingelicht over risico´s?

Voorbeelden uit de vakken van verbindingen tussen inhouden en deze denkwijze:

Natuurkunde:

1. Vanwege de vrijkomende krachten bij botsingen kunnen de gevolgen voor slachtoffers in het verkeer zeer groot zijn.
2. Veiligheidsmaatregelen op de bouwplaats, zoals het dragen van een helm, zijn noodzaak.

Scheikunde:

1. Onvolledige verbranding van brandstof door (diesel)motoren van auto’s levert veel schadelijke fijnstof op.
2. In de chemische industrie worden met elkaar reagerende stoffen gescheiden opgeslagen en getransporteerd.

Biologie:

1. De uiterste verkoopdatum op een product geeft aan dat het product kan bederven en daardoor ziek kan maken.
2. Te dik zijn (vooral op jonge leeftijd) levert grote risico’s op hart- en vaatziekten, diabetes en gewrichtsproblemen.

Technologie:

1. Het gebruik van bepaalde producten brengt veiligheidsrisico's met zich mee.
2. Passende veiligheidsmaatregelen zijn nodig om risico’s bij het gebruik van bepaalde producten te verminderen.