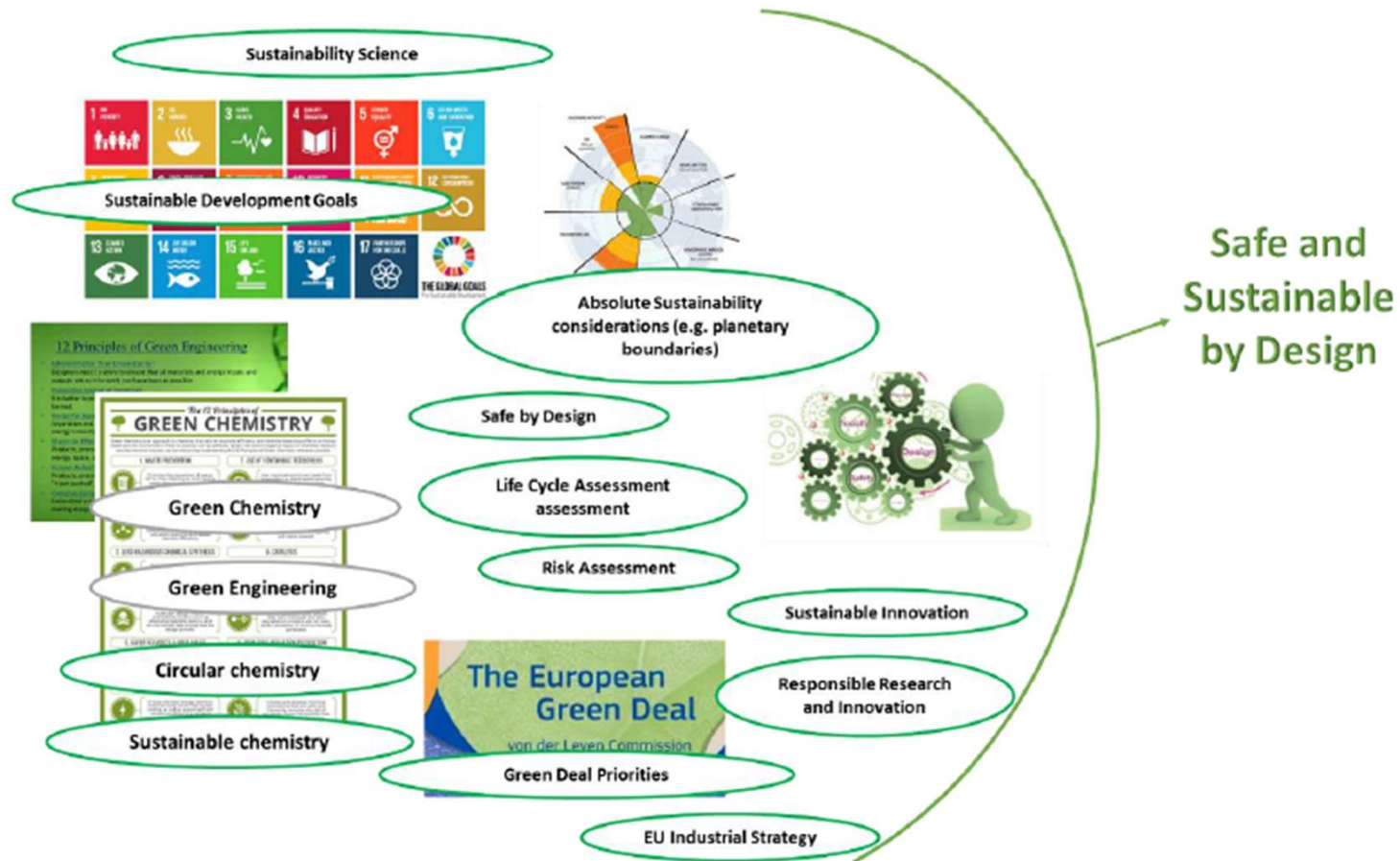


Substitution von (SVHC)-Chemikalien und die Erreichung der Green-Deal- und Nachhaltigkeitsziele

10.1.2024

Dr. Andreas Windsperger
Dipl.-Ing.ⁱⁿ Nadine Brunnhuber

Von Ecodesign (ESPR) zu Safe and Sustainable by Design



SSbD-Konzept des JRC

1-(Re)Design Phase

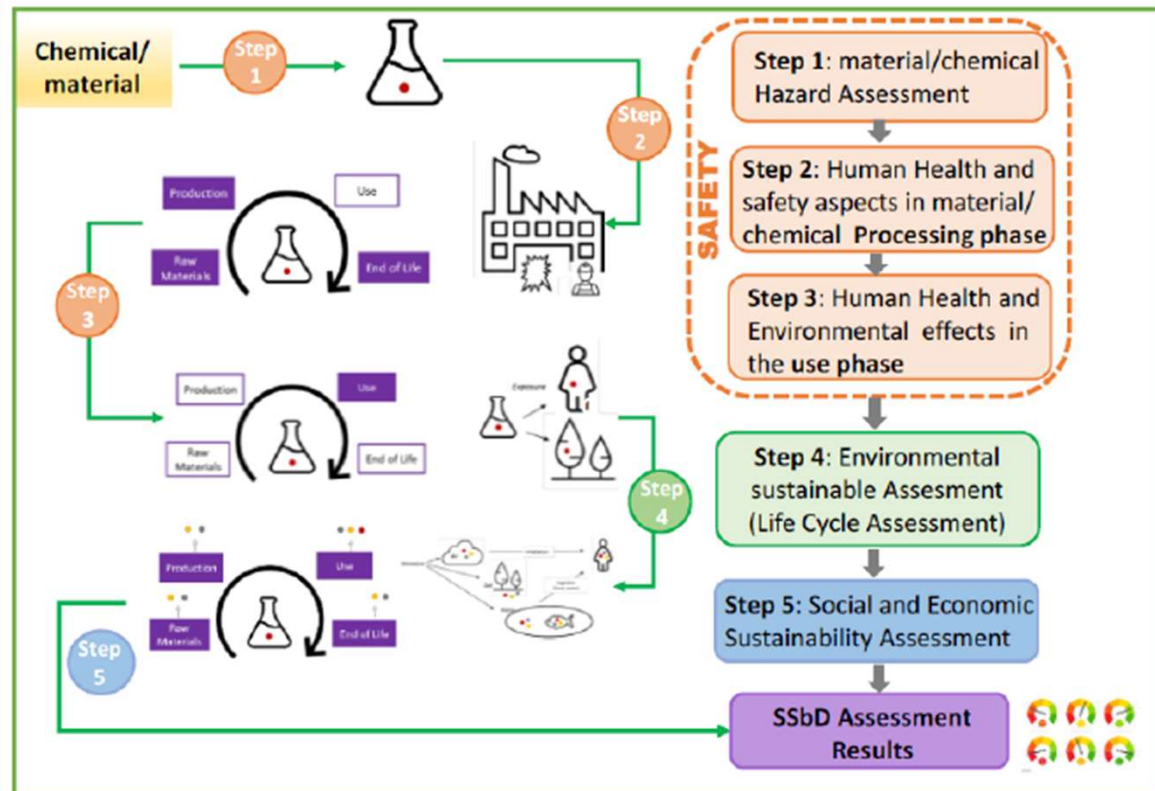
Design guiding principles are proposed to support the design of chemical and materials

- Green chemistry
- Green Engineering
- Sustainable Chemistry
- Safe by design

List of SSbD principles recommended by the JRC SSbD framework

SSbD1	Material efficiency
SSbD2	Minimize the use of hazardous chemicals/materials
SSbD3	Design for energy efficiency
SSbD4	Use renewable sources
SSbD5	Prevent and avoid hazardous emissions
SSbD6	Reduce exposure to hazardous substances
SSbD7	Design for end of life
SSbD8	Consider the whole Life Cycle

2-SUSTAINABILITY ASSESSMENT

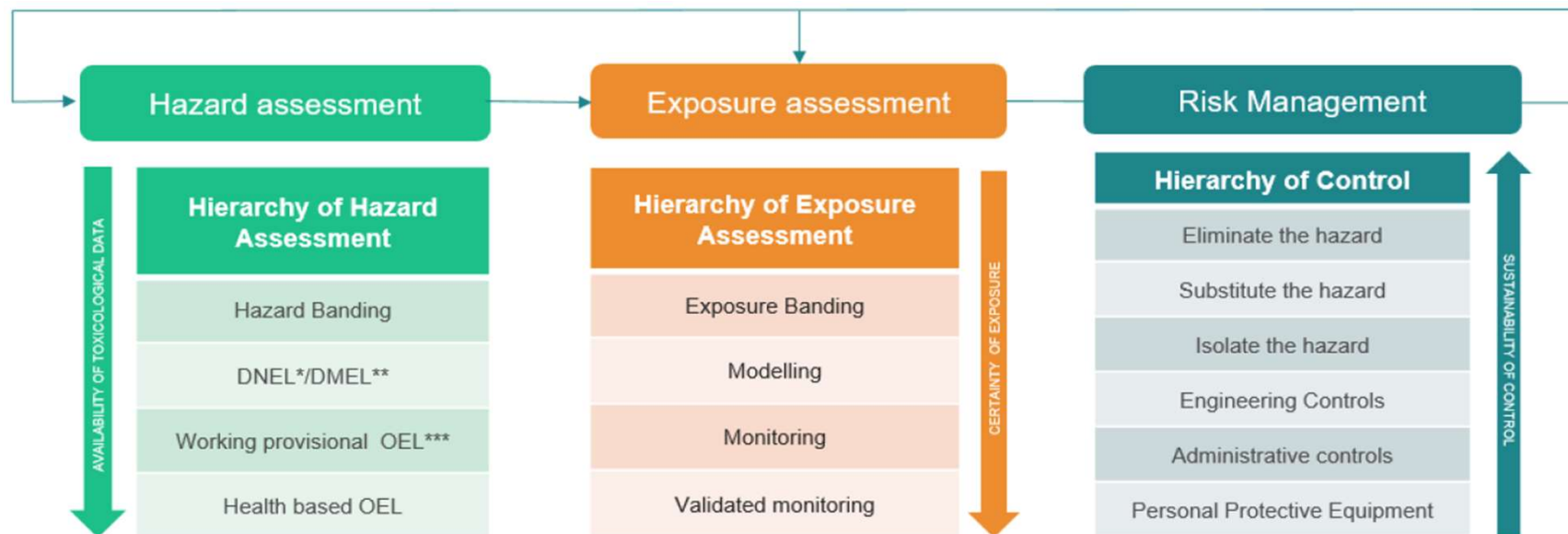


Fazit SSbD-Konzept

- wesentlicher **Schritt in Richtung Transparenz** der Gefährdung von Mensch und Umwelt durch chemische Produkte
- Noch sind **viele Fragen** für eine Umsetzbarkeit **zu klären**, bzw. die Methodik zu **konkretisieren**.
- **Kritik des cut-offs** bei Kategorie 1A und 1B - Ausschluss vom Markt durch „cut-off“ sollte nicht nur auf Einstufungen bezogen sein, sondern auch Expositionspfade, chemische Umwandlungen und technische Maßnahmen berücksichtigen
- Entsprechend dem Nachhaltigkeitsgedanken sollte das Ergebnis zeigen, ob eine ausreichende **Ausgewogenheit** zwischen dem **Gefahrenpotenzial**, den technischen **Minderungsmöglichkeiten** und dem sozio-ökonomischen **Nutzen** vorliegt.

Step 2: Human health and safety aspects in production and processing phase

- Das **RISIKO** wird aus der Kombination von **Gefahrenpotenzial** des Stoffes und **Exposition** mit Berücksichtigung von **Risikomanagementmaßnahmen** ermittelt.



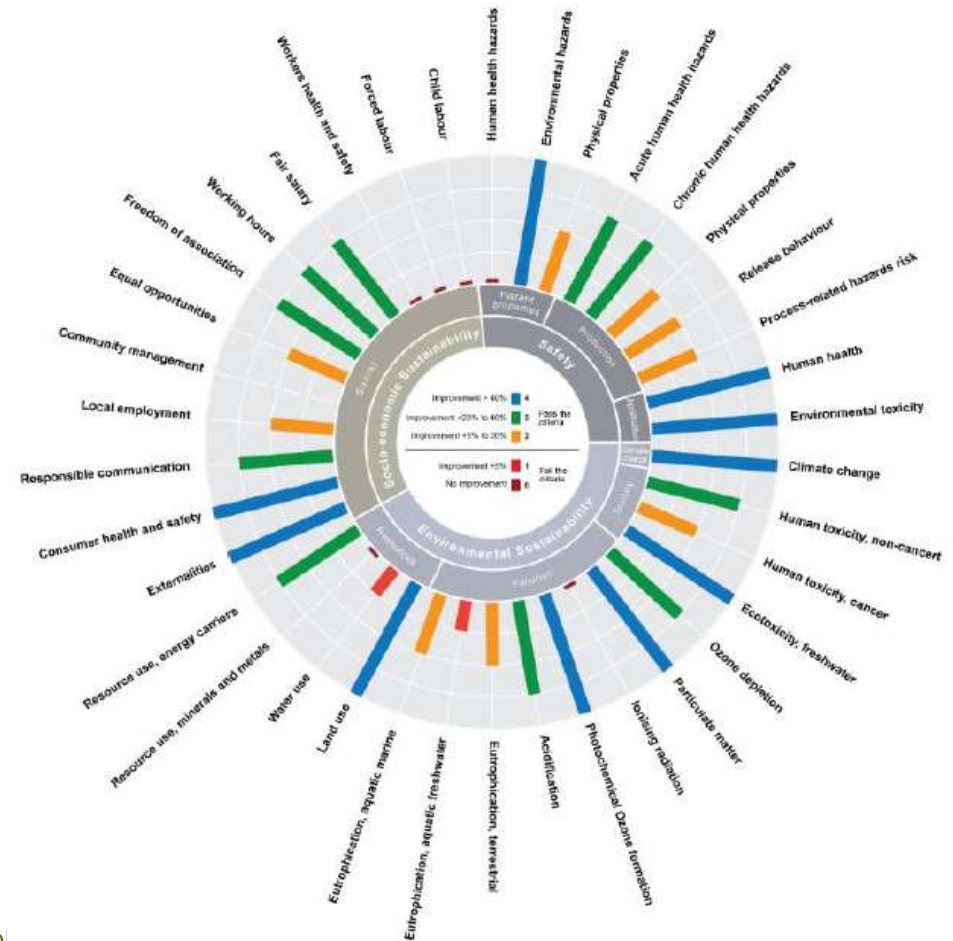
*Derived No Effect Level
 **Derived Minimum Effect Level
 ***Occupation Exposure Limit

Banding.....Zuordnung zu Kategorien entsprechend Arbeitnehmerschutz

Ergebnis für Vergleiche bei Substitutionen nutzbar

- Ergebnis als Level oder Score darstellbar
- Verbindung zwischen Gefahr – Minderung – Nutzen fehlt

Dimension	Aspect	Level	Score
Hazard properties	H1	✓	3
	H2	✓	2
	H3	✓	3
Human health and safety aspects (production & processing phase)	OSH1	✓	4
	OSH2	✓	4
	OSH3	✓	4
	OSH4	✓	4
	OSH5	✓	4
Human health and environmental aspects (application phase)	SD1	✓	4
	SD2	✗	1
Environment Sustainability	E1	✗	1
	E2	✓	3
	E3	✗	1
	E4	✓	3
Social & Economical Sustainability		✗	1



ESU-Konzept – Kriterien „essentiality“

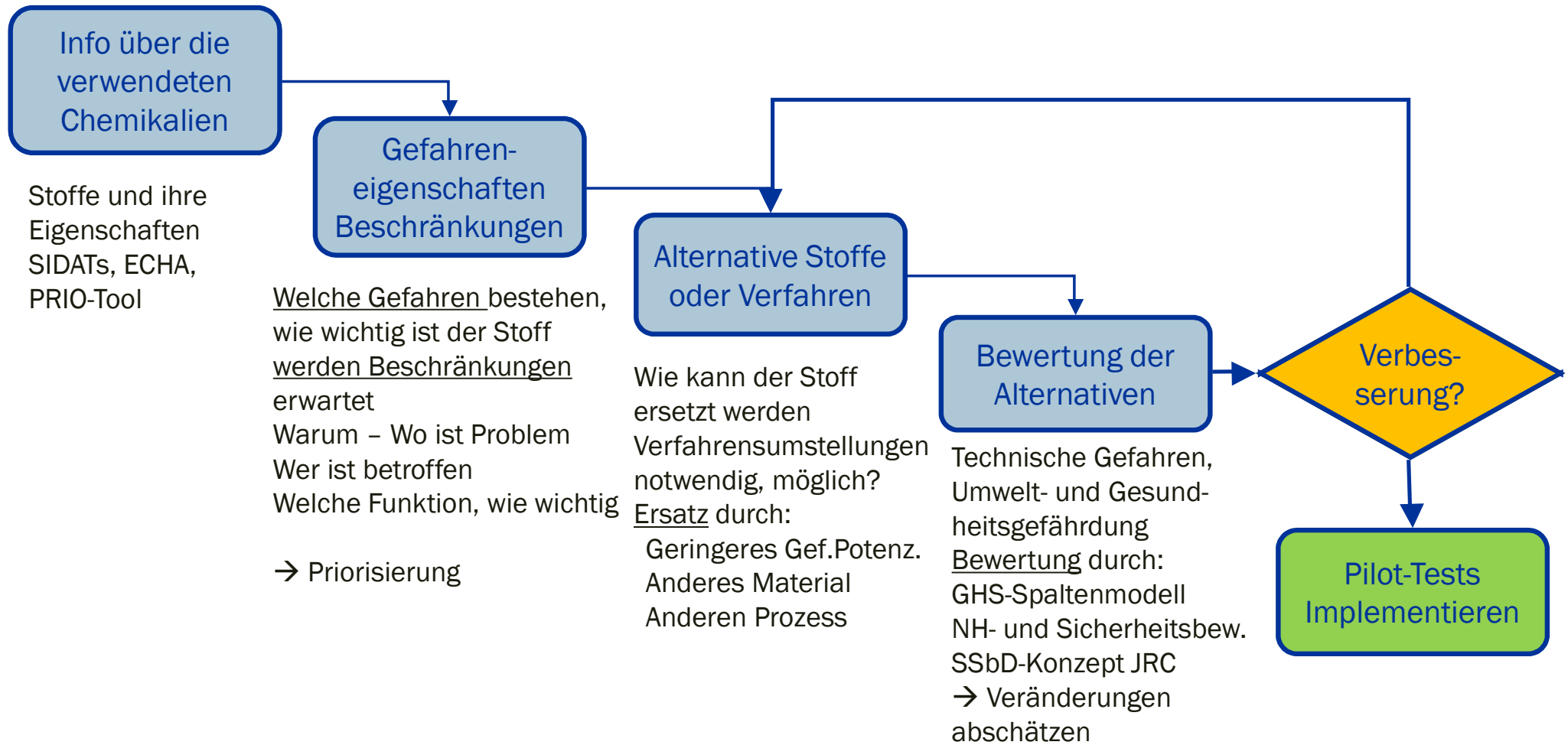
ESU-Konzept (Essential Use) soll bewerten, ob Verwendungen von Chemikalien wesentlich sind – techn. Funktion im Mittelpunkt → Kriterien für „essentiality“ !!

Betonung auf notwendig: nur **Verwendungen für „Gesundheit und/oder Sicherheit“** können als notwendig gesehen werden:

- *Vorbeugung, Überwachung oder Behandlung schwerer gesundheitlicher Probleme*
- *Aufrechterhaltung der grundlegenden Bedingungen für das Leben und die Gesundheit des Menschen (z. B. ausreichende, saubere Nahrung und Wasser,..*
- *Bewältigung und Verhütung von Gesundheitskrisen und Notfällen (z. B. Epidemien, Pandemien)*
- *persönliche Sicherheit (z. B. Brandbekämpfung)*
- *öffentliche Sicherheit*
- *Gefahr für die Tiergesundheit, die anders nicht eingedämmt werden kann*

→ **Wenn Gefährlichkeit den Nutzen überwiegt → Substituieren**

Ablauf bei Substitutionen



Herausforderungen bei Substitutionen

- Suche nach und **Finden eines geeigneten Substituts** – Literatur, Datenbanken, Experten
- **Erfahrungsaustausch** zwischen Unternehmen fehlt bei Konkurrenzsituationen, bei Anwendungen von öffentlichem Interesse könnten Anreizsysteme helfen
- **Unzureichende Datenverfügbarkeit** für vergleichende Bewertung, meist ist der zu substituierende Stoff besser erforscht als seine potenziellen Substitute
- Wird bei **fehlenden Daten** davon ausgegangen, dass auch keine Risiken vorliegen ?, biobasierte Produkte werden oft „a priori“ besser gesehen
– nach Vorsorgeprinzip tw. auch umgekehrt „es kann nicht ausgeschlossen werden....“
- Frühzeitige Wahrnehmung von legislativen Entwicklungen ermöglicht es, regulatorische Risiken zu antizipieren – **Early Mover Advantage vs. Disadvantage**
 - ***kann Rechtssicherheit - Wettbewerbsvorteil - Einsparungen bringen***
 - ***aber auch Unsicherheit – Mehraufwand - schlechtere Eigenschaften,***
- Stark **vom Einzelfall abhängig** → es gibt nicht einen richtigen Weg → Mix aus freiwilligen und regulatorischen Ansätzen am besten – Einbindung von NGOs kann helfen

Herausforderungen bei Substitutionen

- Es gibt kein Universalsubstitut - **Einzelfallbeurteilung** für jeden Anwendungsfall notwendig
- **Viele Kriterien für die Eignung** des Substituts:
 - *Risiko- und Gefahr-Verringerung*
 - *Technische Machbarkeit, Verfahrensumstellungen,...*
 - *Wirtschaftliche Machbarkeit*
 - *Funktionale Eigenschaften*
 - *Soziale und gesellschaftliche Akzeptanz*
- **Regrettable Substitution** (Teufel mit Beelzebub, Bsp: BPA durch BPS ersetzt)
 - Substitutionen nur dann sinnvoll, wenn Verbesserung (ökologisch, sozial) gesichert ist
- Oft große **Unsicherheiten** → **öffentliche Strategie** (z.B.: auf nationaler Ebene) zur Substitution von Risiko-Chemikalien wäre sinnvoll
- Gezielte **Förderprogramme zur Substitutionsforschung** und der Bewertung von Alternativen
- **Tools** zur Nachhaltigkeits- und Risikobewertung von Stoffen bei Unternehmen forcieren

Tools

Allgemeines zur Chemikaliensubstitution	
<u>ECHA-Übersichtsseite zur Chemikaliensubstitution</u>	Übersichtsseite der ECHA zur Vorgehensweise bei der Substitution von Chemikalien (mit weiterführenden Ressourcen): https://echa.europa.eu/de/know-your-substances-and-needs-substitution
<u>OECD-Übersichtsseite</u>	Leitfäden zur chemischen Substitution, Tools und Produktbewertungssysteme https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/chemical-substitution-frameworks-guides-toolkits-product-rating-systems.htm
Leitfäden und Tools zum Substitutionsprozess	
<u>ECHA-Leitfaden - Substitution von SVHC-Stoffen</u>	Schritt-für-Schritt-Leitfaden zur Substitution von SVHC-Stoffen inklusive weiterführenden Tools (z.B.: zur Bewertung von Alternativen): https://echa.europa.eu/documents/10162/3079426/why_and_how_to_substitute_en.pdf/93e9c055-483c-743a-52cb-1d1201478bc1
<u>PRIO-Tool</u>	Webbasiertes Tool, das hilft gefährliche Stoffe in Erzeugnissen oder chemischen Produkten zu finden und zu ersetzen: https://www.kemi.se/prioguiden/english/start/prio-criteria-for-phase-out-substances-and-priority-risk-reduction-substances
<u>BizNGO Chemical Alternatives Assessment Protocol</u>	Entscheidungsleitfaden für die Substitution von Chemikalien durch sicherere Alternativen https://www.bizngo.org/images/ee_images/uploads/resources/BizNGOChemicalAltsAssessmentProtocol_04_12_12.pdf
<u>OECD Substitution and Alternatives Toolbox</u>	Die (SAAToolbox) umfasst ein Online-Portal mit Informationen zu Toolkits und Datenquellen, Rahmenwerke, Leitfäden, und Bewertungssystemen. https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/substitution-of-hazardous-chemicals/
<u>OECD Guidance for the Identification and Selection of Safer Chemical Alternatives</u>	Allgemeiner Ansatz und Kriterien für die Auswahl sichererer Alternativen, mit Schwerpunkt auf chemischer Substitution https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/substitution-of-hazardous-chemicals/
<u>Subselect</u>	Unterstützungstool des UBA.de bei der Entscheidung über Substitutionen https://www.umweltbundesamt.de/dokument/subselect-instrument-zur-auswahl-nachhaltiger

Beispiel aus Subselect-Tool

NACHHALTIGKEITSPROFIL DES STOFFES

styrene


 Nennung auf Problemstofflisten

 Physikalisch-Chemische Eigenschaften

 Gefährlichkeit für Menschen

 Gefährlich bei Inhalation, Ingestion und Augenkontakt

 Gefährlich bei Hautkontakt

 Hormonelle Wirkung

 Gefährlichkeit für die Umwelt

 PBT/vPvB

 Aquatische Toxizität

 Mobilität des Stoffes


 Freisetzungspotenzial Wasser

 Freisetzungspotenzial Luft (Umwelt)

 Ferntransport

 Freisetzungspotenzial Luft (Mensch)


 Freisetzungspotenzial am Arbeitsplatz

 Mit der Stoffherstellung verbundene Treibhausgasemissionen

 Mit der Stoffherstellung verbundener Ressourcenverbrauch

 Erneuerbarkeit der Rohstoffe

 Energieverbrauch

 Wasserverbrauch

 Verantwortung in der Lieferkette

 Verantwortung für die Arbeitnehmer beim Lieferanten

 Verantwortung für die Umwelt beim Lieferanten

 Soziale Verantwortung beim Lieferanten

Substitutionsbeispiele in wesentlichen Bereichen für Nachhaltigkeit und GreenDeal

- Energieeffizienz und Klimaschutz
- Bioenergie und -treibstoffe
- Biobasierte Produkte
- Erneuerbare Energie (PV und Wind)
- Stromspeicher und Netze
- Recycling, Re-use und Materialeffizienz
- Klimawandelanpassung
- E-Mobilität und alternative Antriebe
- Medizin, Pharma
- Gesundheit, Pflege

Bisphenol A (BPA) - Verwendung

Verwendung

- Ausgangsstoff zur Herstellung von Polycarbonat-Kunststoffen (64%) oder Epoxidharzen
- Nichtpolymerisiertes BPA wird als Additiv verwendet
- Ausgangsstoff in der Herstellung von Tetrabrombisphenol A (Flammschutzmittel)

Verwendung von PC – Green-Deal Relevanz

- Sonnenkollektoren (Schutzabdeckungen von Solarzellen)
- Windkraftanlagen
- Gehäuse für elektrische Komponenten bei Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien
- **Medizinische Anwendungen** (Zahn, Katheter, Inkubatoren,..)

Kunststoffe sind
Teil der Lösung !?

Bisphenol A (BPA) - Regulierung

Regulierung

- SVHC-Stoff und unter REACH reguliert
- Verbot bei Säuglingsflaschen
und Verwendungsbeschränkung bei Thermopapier auf >0,02 w%
- Antrag auf weitere Beschränkung von BPA in Produkten >10 ppm 2022 eingereicht
- **Ausnahmen** bei
 - *Einbindung in Matrix*
 - *als Zwischenprodukte bei Polymeren*
 - *oder ohne Kontakt mit Wasser...*

Bisphenol A (BPA) - Substitution

Durch **andere Stoffe**

- Durch andere Bisphenole (BPS) oder Tetramethylbisphenol – aber ähnliche endokrine Eigenschaften - „**regrettable Substitution**“ wenn BPA-frei beworben wird?
- das Ligninderivat Bisguaiacol, mögliche umweltfreundliche Alternative, Daten fehlen

Durch **anderen Prozess**

- Anderen Herstellprozess, zB. auf Basis von Limonen, Vorteil auch bei der Verarbeitung

Durch **andere Materialien** – Beachtung der technischen Eigenschaften (Thermoplast, mit hoher Transparenz, hoher Wärmeformbeständigkeit und guter Schlagzähigkeit, geringere Schwindung)

- US EPA fand bei **Thermopapier keine geeigneten Substitute**
→ Ersatz des Produkts - kein Thermopapier !?
- Durch andere Kunststoffe (PET, HDPE, PP, PLA,...), techn. Eigenschaften je Anwendung prüfen
- Durch andere Materialien (Glas, Stahl, Keramik,...) – funktionale Veränderungen

Chromtrioxid

Verwendung

- **Veredelung von Metallen**, die Produktion von Holzschutzmitteln, die Herstellung von Katalysatoren, Chromdioxid und Pigmenten
- **Verchromen** von Metallen ist mit rund 84 % das größte Anwendungsfeld von Chromtrioxid

Green-Deal Relevanz

- Steigert den Schutz und die Langlebigkeit der Produkte

Substitution

- Eigenschaften von Chromtrioxid sind dabei **kaum replizierbar**,
- andere Beschichtungen möglich, haben aber nicht die selben Eigenschaften
- Umstellung auf Chromtrioxid auf Chrom(III)-oxid erfordert neues Equipment und eine längere Prozessdauer
- Platin statt Chrom bei Katalysatoren

Chromtrioxid

Regulierung

- SVHC-Stoff
- Zulassung für 5 Verwendungen
(von Chromium Trioxide Application Committee Submission Group eingereicht):
 - *Use 1: Formulierung der Verwendungen 2,4,5, und 6*
 - *Use 2: Funktionelle (hartverchromte) Beschichtung*
 - *Use 3: dekoratives Verchromen – noch keine Entscheidung*
 - *Use 4: Andere Oberflächenbehandlungen als 2 oder 3 Luft und Raumfahrtindustrie spezifisch*
 - *Use 5: Andere Oberflächenbehandlungen als Passivierung von verzinnem Stahl – Andere Industrien*
 - *Use 6: Passivieren von verzinnem Stahl*
- Zulassungen decken ca. 90 % des europäischen Marktes ab

N,N-Dimethylacetamid (DMAC)

Verwendung

- Lösungsmittel für Agrochemikalien, Fasern (Acryl, PU, Aramid), pharmazeutische Produkte und Feinchemikalien

Green-Deal Relevanz

- Lösungsmittel beim Recycling von carbonfaserverstärkten Kunststoffen (mit DMAC können die Carbonfasern delaminiert und rückgewonnen werden)
- Recycling von Leiterplattenabfällen
- Recycling von Textilabfällen, auch Mischfasern (z.B.: Baumwolle und Elasthan) (Herstellung von Cellulose aus alten Baumwolltextilien) können so recycelt werden
- Lösungsmittel oder Reagens bei der Herstellung verschiedener Pharmazeutika (Kontrastmittel, Antibiotika)
- Behandlung von Osteoporose, da es die Osteoklasten vermittelnde Knochenresorption hemmt und die Knochenregeneration fördert

N,N-Dimethylacetamid (DMAC)

Regulierung

- SVHC-Stoff, derzeit nicht zulassungspflichtig, aber hohe Priorität der ECHA zur Aufnahme in Annex XIV
- Antrag NL auf Beschränkung >0,3%

Substitution

- Für einige Anwendungsbereiche von DMAC **keine geeigneten Substitute** vorhanden
- NMP und DMF wären technisch geeignet, aber keine sichere Alternative – „**regrettable Substitution**“
- Im **Pharma-Bereich** durch Tetramethylurea, DCM, DMF ersetzbar
- Bei Fasern durch Ethyl-2-pyrrolidon ersetzbar
- Weitere Substitute wären DMSO, Sulfolan, Aceton, Acetonitril, sind aber nur bedingt geeignet
- **!! „regrettable Substitution“** von DMAC vermeiden

Pb → Bi

- Ersatz von Pb durch Bi aus Sicht der Gefährlichkeit gewünscht
- ABER Bi ist ein Nebenprodukt des Pb-Bergbaus → mehr Bedarf nach Bi führt zu Anstieg der Pb-Menge
- Bi weist nicht die gleichen technischen Eigenschaften auf (Bearbeitbarkeit, Beständigkeit,...)
- Schwierigkeiten beim Rezyklieren von Bi
- Aufbereitetes Bi kommt überwiegend aus China
- Pb hat etablierte Verarbeitungswege und gute Materialeigenschaften
- Pb wird in Europa abgebaut
- Pb-Recycling aus Autobatterien ist etabliert und effektiv (95%)

Beispiele von „regrettable Substitutions“

aus Maertens 2021

- Petrobenzin (Brandgefahr) durch **CKW** (Persistence)
- Blei (Neurotoxicity) durch **MTBE** (Aquat. Toxicity)
- Bisphenol A durch **Bisphenol S** (Endocrine activity)
- Methylenchlorid (Aquat. Toxicity, Carcinogen.) durch **Brompropan** (Carcinogen., Neurotox.)
- Phthalate (Endocrine activity) durch **DINCH** (Endocrine activity)
- DDT (Reprod.toxic, thyroid.inhibition) durch **Chlorpyrifos** (Reprod.toxic, thyroid.inhibition)
- Atrazin (Persistence, ecotox.) durch **Terbutylazine** (Persistence, ecotox.)