

Methoden und Hilfsmittel des Ecodesigns von Kunststoffverpackungen

Technische Dokumentation

Martin Möller

Dr. Andreas Köhler

Susanne Moritz

Öko-Institut e.V.

Überblick

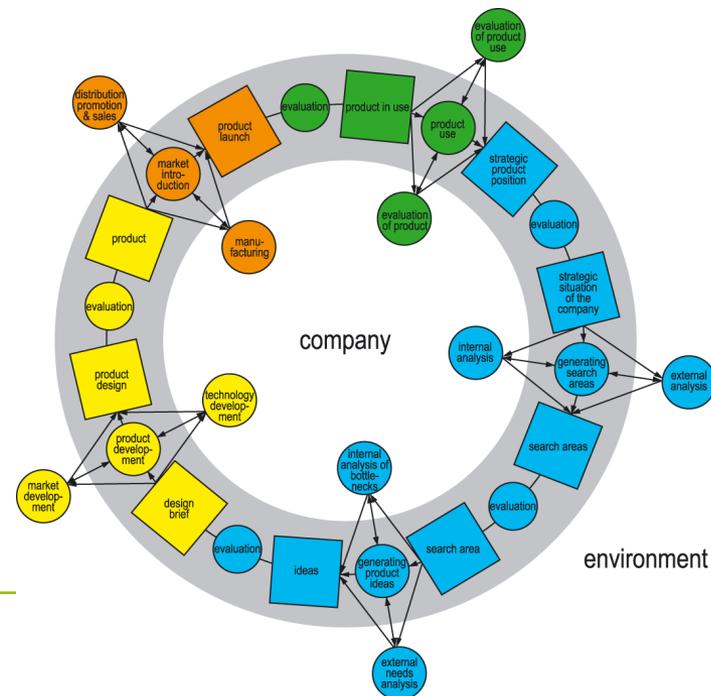
- 1 Definition Ecodesign und Grundzüge des Ecodesign-Prozesses
- 2 Methodische Vorgehensweise für die integrierte Bewertung vorhandener Ecodesign-Tools und -Hilfsmittel
- 3 Ergebnisse der integrierten Bewertung bestehender Ecodesign-Tools
- 4 Erkenntnisse aus den Stakeholderinterviews
- 5 Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ecodesign-Tools und des Ecodesign-Prozesses

Überblick

- 1 Definition Ecodesign und Grundzüge des Ecodesign-Prozesses
- 2 Methodische Vorgehensweise für die integrierte Bewertung vorhandener Ecodesign-Tools und -Hilfsmittel
- 3 Ergebnisse der integrierten Bewertung bestehender Ecodesign-Tools
- 4 Erkenntnisse aus den Stakeholderinterviews
- 5 Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ecodesign-Tools und des Ecodesign-Prozesses

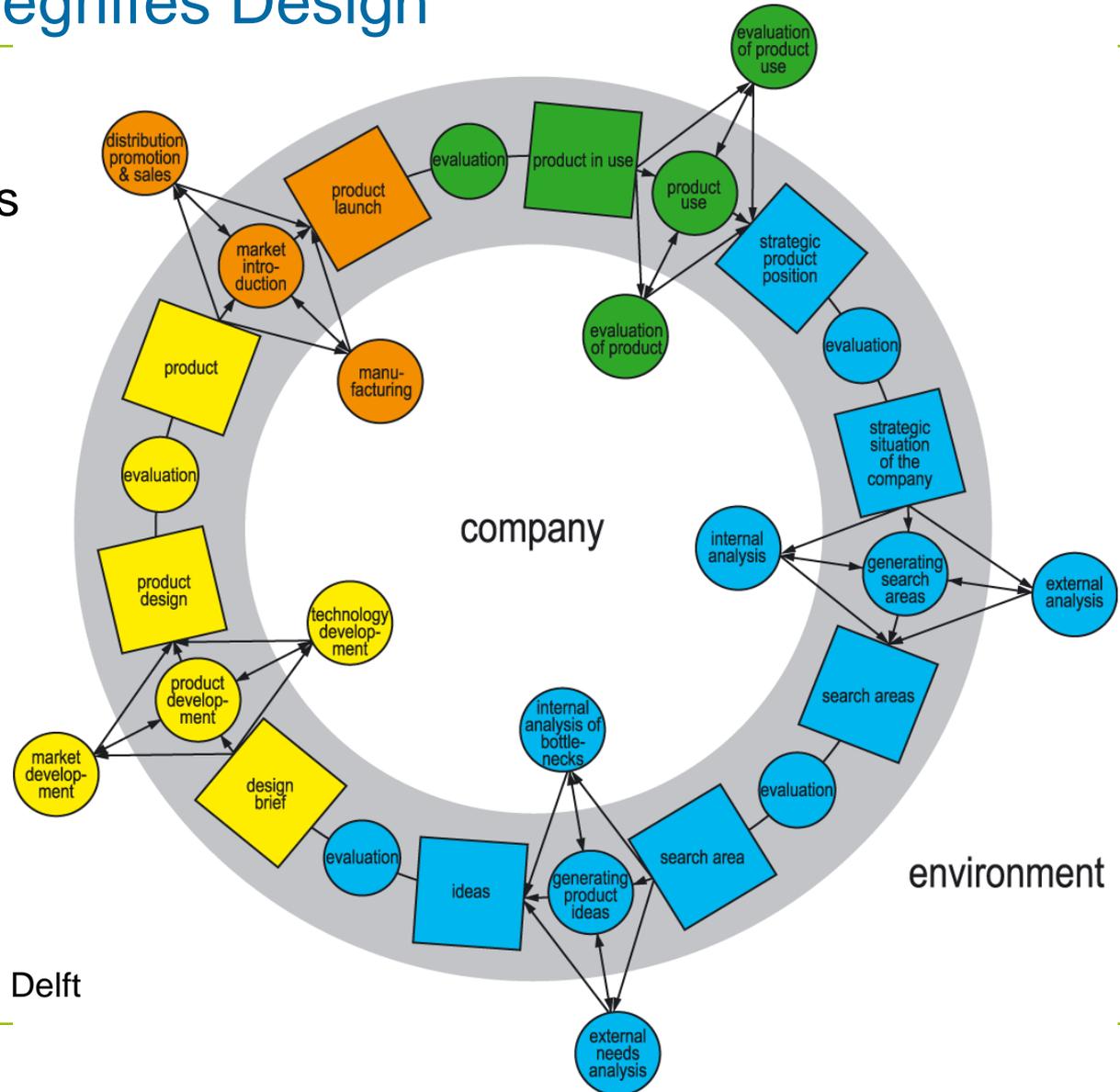
Definition des Begriffes Design

- Design ist ... „ein Set von Prozessen, welches Anforderungen an ein Produkt, Prozess oder System in spezifische Kriterien oder Spezifikationen transformiert“ (ISO 14050)
- -> auf Deutsch: Design ist eine systematische Vorgehensweise zur kreativen Produktentwicklung von einer Idee bis zur Marktreife.
- Design ist ein Teil des Innovationsprozesses



Definition des Begriffes Design

Delfter Model des Innovationsprozesses



Quelle: Delft Design Guide TU Delft

Definition des Begriffes Ecodesign

Ecodesign (eco-design) = Umweltbewusstes Design
(Environmentally conscious product design)

... bedeutet *“systematische Berücksichtigung der Ziele des Umweltschutzes, der Gesundheit, Sicherheit und Nachhaltigkeit über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts”*
(Fiksel, 2009, p6).

- Design for Environment (DfE) (Verbesserung der Ökoeffizienz)
- Design for Sustainability (DfS) (Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit)
- Environmentally responsible product development (CSR)
- 12 Principles of Green Engineering (Anastas, 2003)

Definition des Begriffes Ecodesign

- „Ökodesign ist ein systematischer und umfassender Gestaltungsansatz für Produkte, um durch verbessertes Produktdesign Umweltbelastungen über den gesamten Lebensweg zu mindern“ (UBA)
- “Ecodesign implies taking into account all the environmental impacts of a product right from the earliest stage of design” (Eur. Commission)
This avoids shifting environmental burden (e.g. eliminating a toxic substance, should not lead to higher energy consumption)
- Ecodesign is defined as the process of finding a balance between economic and environmental concerns (Wever, 2009).
- Integration of environmental aspects into product design and development, with the aim of reducing adverse environmental impacts throughout a product's life cycle (ISO 14006:2011)

Normativer Rahmen für das Ecodesign

ISO/TR 14062:2002 Umweltmanagement

Integration von Umweltaspekten in Produktdesign- und -entwicklung

DIN EN ISO 14006:2011-10 Umweltmanagementsysteme

Leitlinien zur Berücksichtigung umweltverträglicher Produktgestaltung

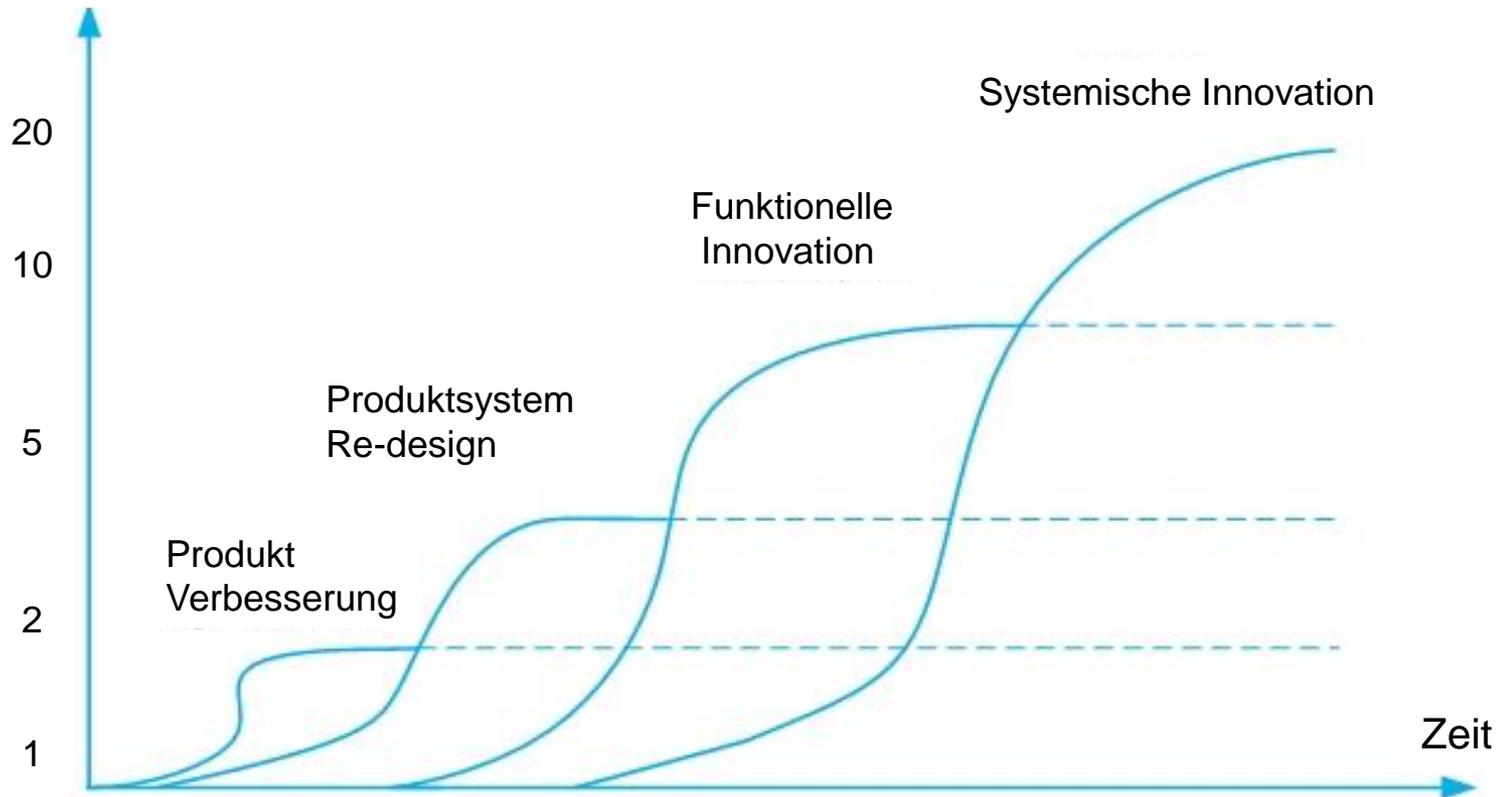
EU Strategie der **Integrierten Produktpolitik (IPP)** (EC, 2009a)

EU-Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG)

schafft einen einheitlichen Rahmen zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit energieverbrauchsrelevanter Produkte

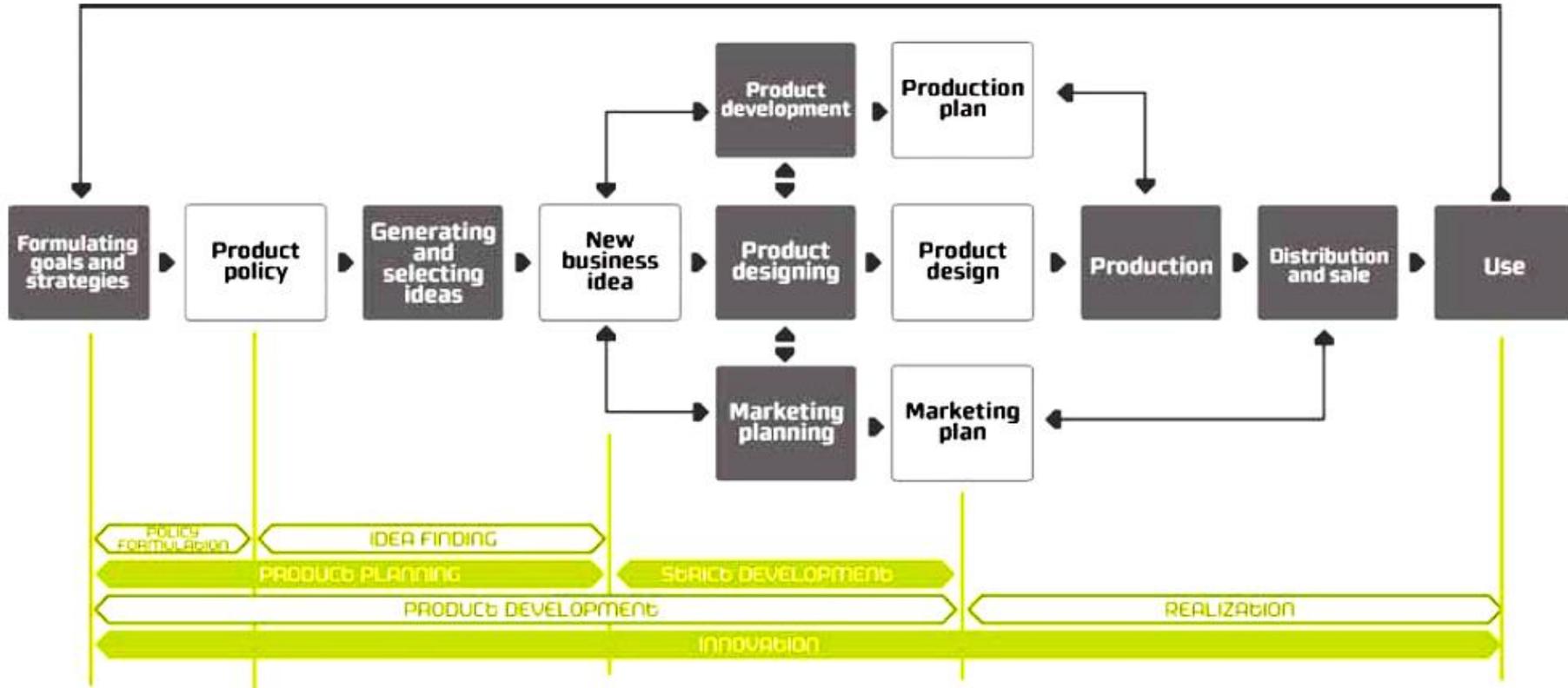
Wirkhorizont des Ecodesigns

Ökoeffizienz-
Verbesserung



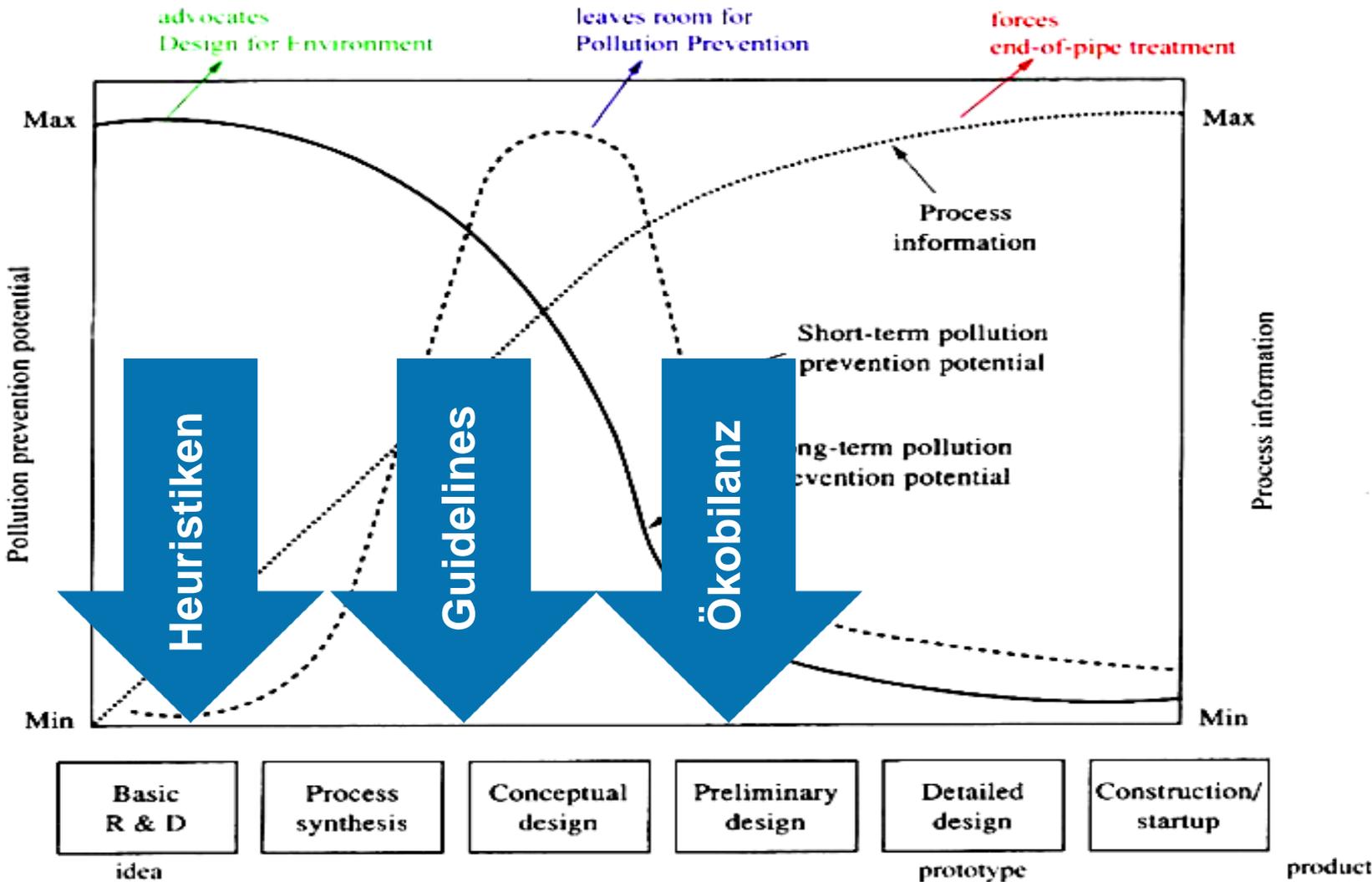
Quelle: Brezet, H. 1997. Dynamics in ecodesign practice”, Industry and environment, 20(1-2): 21-4.

Stadien im Design-Prozess



Quelle: Crul & Diehl Design for Sustainability (D4S) Manual, UNEP, TU Delft.

Implementierung im Innovationsprozess



Pollution prevention potential in the design process. (Adapted from Hertz, 1995; Taken from Bishop, 2000)

Ecodesign und Ökobilanz

Ökobilanz = Lebenszyklusanalyse (LCA)



Ecodesign und Ökobilanz

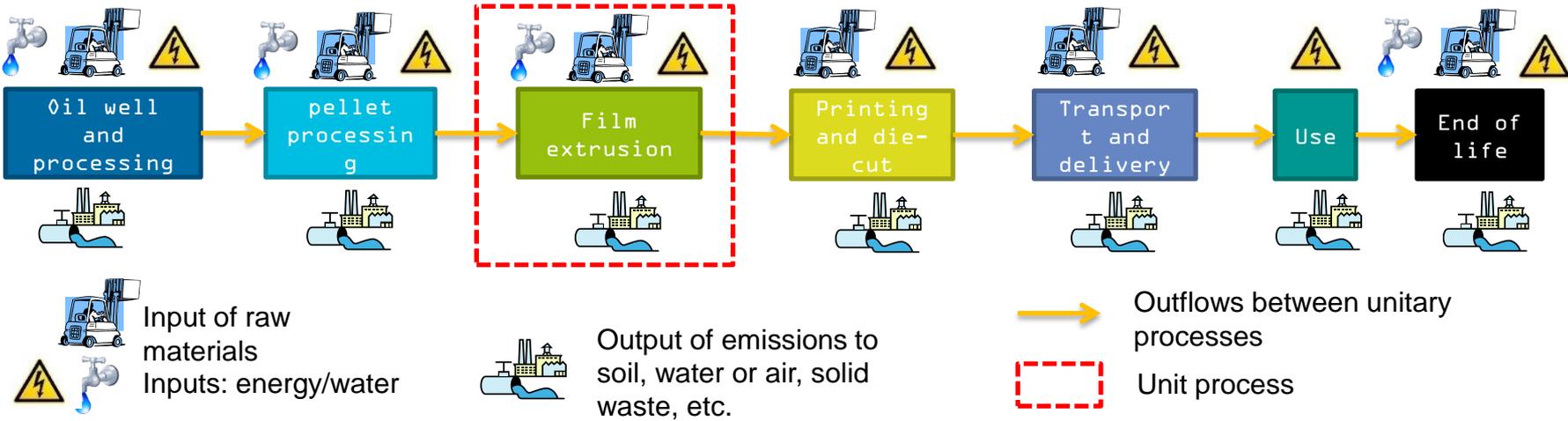


ISO 14040: LCA = "Zusammenstellung und Auswertung der Eingänge, Ausgänge und die möglichen Umweltauswirkungen eines Produktsystems während seines Lebenszyklus"

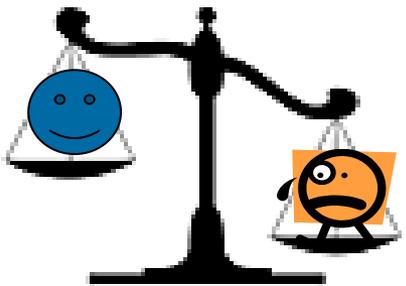
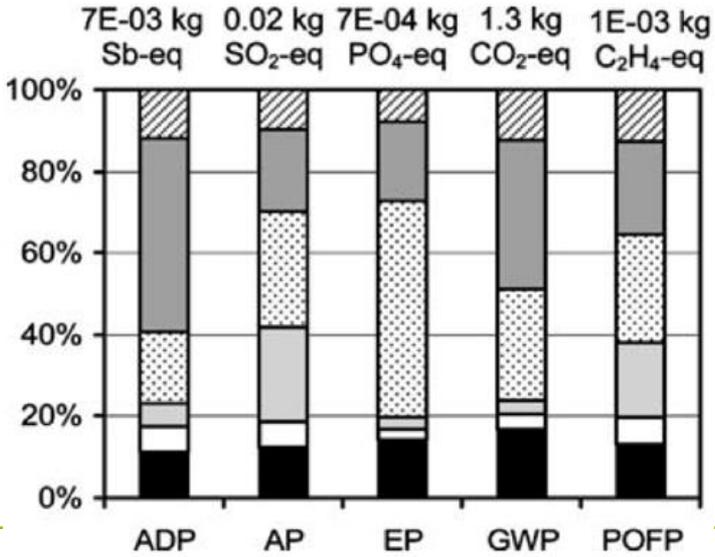
LCA hilft Produktentwicklern:

- Identifizieren von Hot-Spots der Umweltauswirkungen (welche Lebensphase, welches Material, welche Funktion)
- Vergleich alternativer Designmöglichkeiten
- Überwachung der Umwelleistung von Produktgenerationen
- Vermeiden, dass Umweltprobleme nur von einer Stelle zu einer anderen geschoben werden.

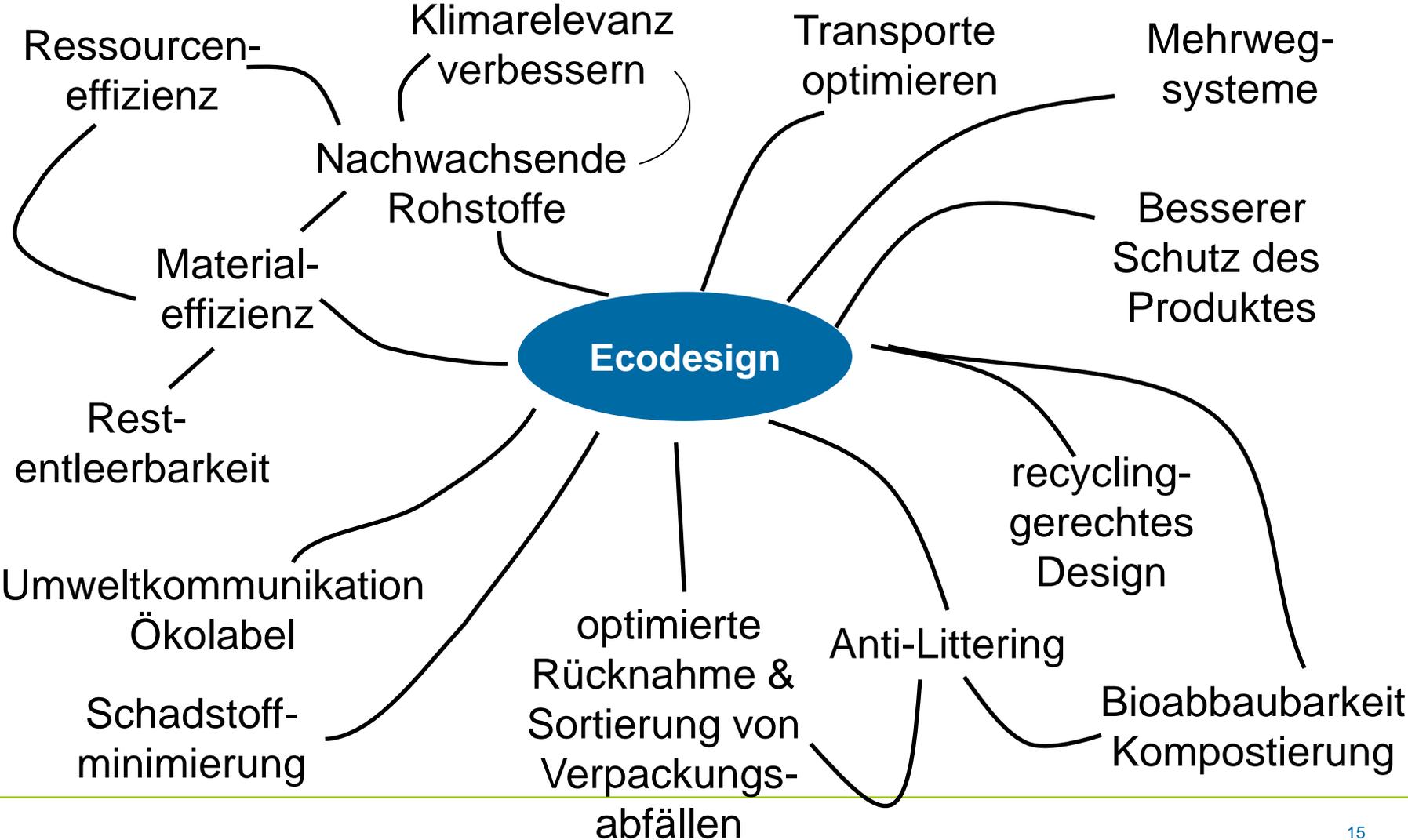
Ecodesign und Ökobilanz



LCA-Resultate:
(Beispiel)



Hotspots des Ecodesigns bei Verpackungen



Überblick

- 1 Definition Ecodesign und Grundzüge des Ecodesign-Prozesses
- 2 Methodische Vorgehensweise für die integrierte Bewertung vorhandener Ecodesign-Tools und -Hilfsmittel
- 3 Ergebnisse der integrierten Bewertung bestehender Ecodesign-Tools
- 4 Erkenntnisse aus den Stakeholderinterviews
- 5 Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ecodesign-Tools und des Ecodesign-Prozesses

Aspekte des Steckbriefs

- Zweck und intendierte Einsatzgebiete
- Zielgruppe(n) (z.B. Verpackungsentwickler, Abpacker, Handel)
- Definition / Kriterien des Ecodesigns
- Geografischer Bezugsrahmen
- Methodischer Ansatz (z.B. Ökobilanz, Entscheidungsbaum)
- Kategorisierung der Tools hinsichtlich ihres Anwendungsfelds (Heuristik / Guideline / quantitatives Tool)
- Systemgrenzen der Untersuchung (z.B. C2Gate, C2Grave, Prozesse während der Herstellung)
- berücksichtigte Umweltindikatoren (z.B. PCF, Materialeinsatz, Recyclingfähigkeit)
- vorgeschaltete inhaltliche / materielle Ausschlusskriterien („K.O.“-Kriterien, z.B. Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, Kundenspezifikationen)

Aspekte des Steckbriefs (Fortsetzung)

- Art und Dokumentation des Ergebnisses (z.B. Klassenbildung, Punktbewertung)
- Differenziertheit der Empfehlungen zur Materialzusammensetzung (Kunststoffkomponenten, Additive, etc.)
- Umgang mit Zielkonflikten (z.B. Energieeinsatz vs. Rezyklierbarkeit)
- Praktische Anwendbarkeit / Nützlichkeit für den Design- und Herstellungsprozess
- Aspekte der Datensicherheit (z.B. Umgang mit sensiblen Projektdaten, Ort des Datenhostings, wer ist Herausgeber / Lizenzgeber / Eigner eines Tools)
- Lizenzkosten
- Aufzeigen des weiteren Entwicklungsbedarfs

Indikatoren der integrierten Bewertung (Ausgestaltung der Stärken-Schwächen-Analyse)

- Indikatoren für das Kriterium „**Methodische Aspekte**“
 - Betrachtungsrahmen
 - Wirkhorizont
 - Aggregationsgrad der Ergebnisse
- Indikatoren für das Kriterium „**Anwendbarkeit**“
 - Bedienungsfreundlichkeit
 - Lernaufwand
- Indikatoren für das Kriterium „**Hilfestellung für Designprozess**“
 - Workflow-Kompatibilität im Designprozess
 - Entscheidungsunterstützung
 - Robustheit der Ergebnisse
 - Umgang mit Zielkonflikten

Indikator „Betrachtungsrahmen“

- Stufe 1: Fokus des Tools auf punktuelle Aspekte (z.B. Materialeinsatz, Energie)
- Stufe 2: Cradle-to-Gate: Berücksichtigung nur der Herstellung der Verpackung (inkl. Vorketten)
- Stufe 3: Cradle-to-Grave: Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus der Verpackung (inkl. Beseitigung / Recycling)
- Stufe 4: Circular Economy: Berücksichtigung auch des nächsten Lebenszyklus der Materialbasis (Stichwort Kreuzkontaminationen)

Indikator „Wirkhorizont“

- Stufe 1: Inkrementelle Produktverbesserung (z.B. Reduzierung Rohstoffverbrauch)
- Stufe 2: Re-Design des gesamten Produktsystems (z.B. Berücksichtigung auch von Sekundär- und Tertiärverpackungen)
- Stufe 3: Funktionelle Innovation (z.B. Haltbarkeitssensoren)
- Stufe 4: Systemische Innovation (z.B. Einfluss auf Wertschöpfungskette, Mehrwegsystem, Circular Economy)

Indikator „Aggregationsgrad der Ergebnisse“

- Stufe 1: einzelner Umweltaspekt bzw. einzelne Wirkungskategorie (z.B. PCF, KEA)
- Stufe 2: Vollständiges Set von Standardindikatoren (z.B. CML, RECIPE)
- Stufe 3: hochaggrierter, singulärer Parameter (z.B. Öko-Kosten, EcoIndicator-Punkte)
- Stufe 4: konkrete Handlungsempfehlungen für Designer, Berücksichtigung relevanter technischer Zusammenhänge entlang des Lebenszyklus (z.B. Schwierigkeiten schwarzer Kunststoffe beim Recycling)

Indikator „Softwareverfügbarkeit“

- Stufe 1: proprietäre Software (nicht öffentlich)
- Stufe 2: proprietäre Software (öffentlich)
- Stufe 3: Open-Source-Software (öffentlich)
- Stufe 4: Online-Tool (öffentlich)

Indikator „Bedienungsfreundlichkeit“

- Stufe 1: komplizierte Benutzeroberfläche (z.B. unübersichtliche Gestaltung von Eingabefeldern, Ergebnisdarstellung), fehlende Dokumentation / Erläuterung / Hilfe / Support etc.
- Stufe 2: durchschnittliche Übersichtlichkeit und Ergonomie der Benutzeroberfläche (vergleichbar mit Buchhaltungstools)
- Stufe 3: Learning-by-Doing-Prinzip, Tool ist in mehreren Sprachen verfügbar, einfach verständliche Ergebnisdarstellung
- Stufe 4: Einfaches und intuitives User-Interface ermöglicht effizientes Arbeiten auch bei komplexen Anwendungsfällen

Indikator „Lernaufwand“

- Stufe 1: Tool nur mit Expertenwissen / vorherigem Training verwendbar (unzureichende Benutzerführung bei methodischen Fragen)
- Stufe 2: Tool ist selbsterklärend / gut dokumentiert, erfordert jedoch Expertise bezüglich der benötigten Inputdaten
- Stufe 3: Tool bietet eine gute Bedienungsanleitung sowie Support bezüglich Inputdaten und Ergebnisinterpretation
- Stufe 4: kein methodisches Vorwissen für die Toolanwendung erforderlich (automatische Unterstützung der Benutzer in der korrekten Anwendung der zugrundeliegenden Methoden)

Indikator „Workflow-Kompatibilität im Designprozess“

- Stufe 1: solitäres Tool für Online-Benutzung (Computer erforderlich, separater Arbeitsschritt zum Designprozess)
- Stufe 2: solitäres Tool mit Offline-Benutzungsmöglichkeit (kein Computer erforderlich, kann während des Designprozesses zum Brainstorming verwendet werden)
- Stufe 3: solitäres Tool mit Möglichkeit zum Datenim- und -export (Schnittstelle zu klassischen Designtools)
- Stufe 4: integriertes Tool mit voller Unterstützung klassischer Designtools

Indikator „Entscheidungsunterstützung“

- Stufe 1: Checkliste / Kreativtool ohne Ergebnisunterstützung (gibt lediglich Denkanstöße)
- Stufe 2: Bereitstellung von Guidelines bzw. Heuristiken auf der Basis aggregierten Erfahrungswissens
- Stufe 3: Ermöglichung des Vergleichs von Alternativen sowie Hilfestellung bei Zielkonflikten
- Stufe 4: Automatische Generierung von konkreten Ecodesign-Empfehlungen

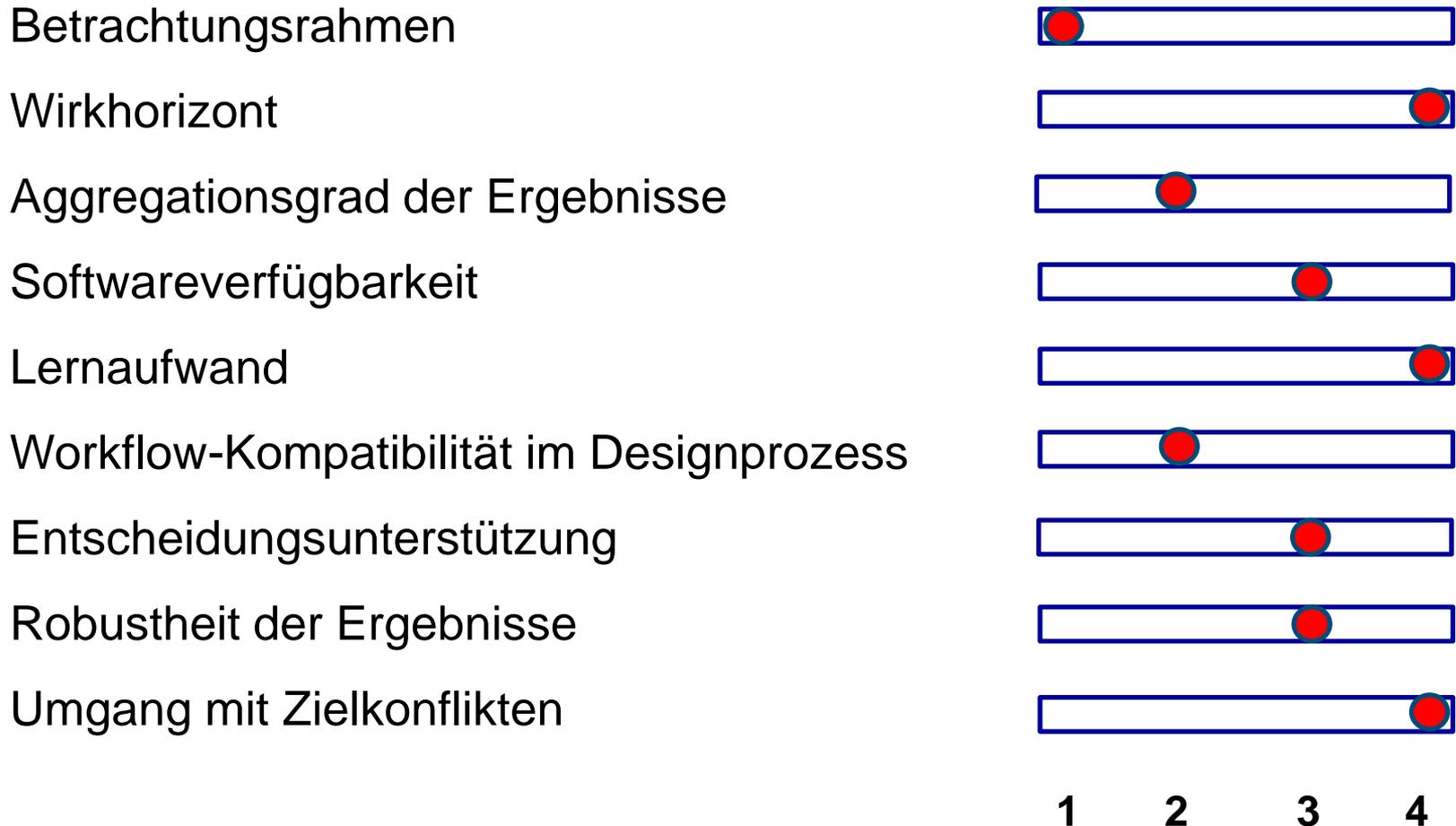
Indikator „Robustheit der Ergebnisse“

- Stufe 1: Grobabschätzung (basierend auf Annahmen, Analogien etc.)
- Stufe 2: geringe Robustheit, aber Eignung für vorläufige Designentscheidungen (interne Nutzung der Ergebnisse)
- Stufe 3: Tool unterstützt interne Qualitätssicherung (Arbeit in verteilten Teams, Archivierung etc.)
- Stufe 4: Tool unterstützt externes Review

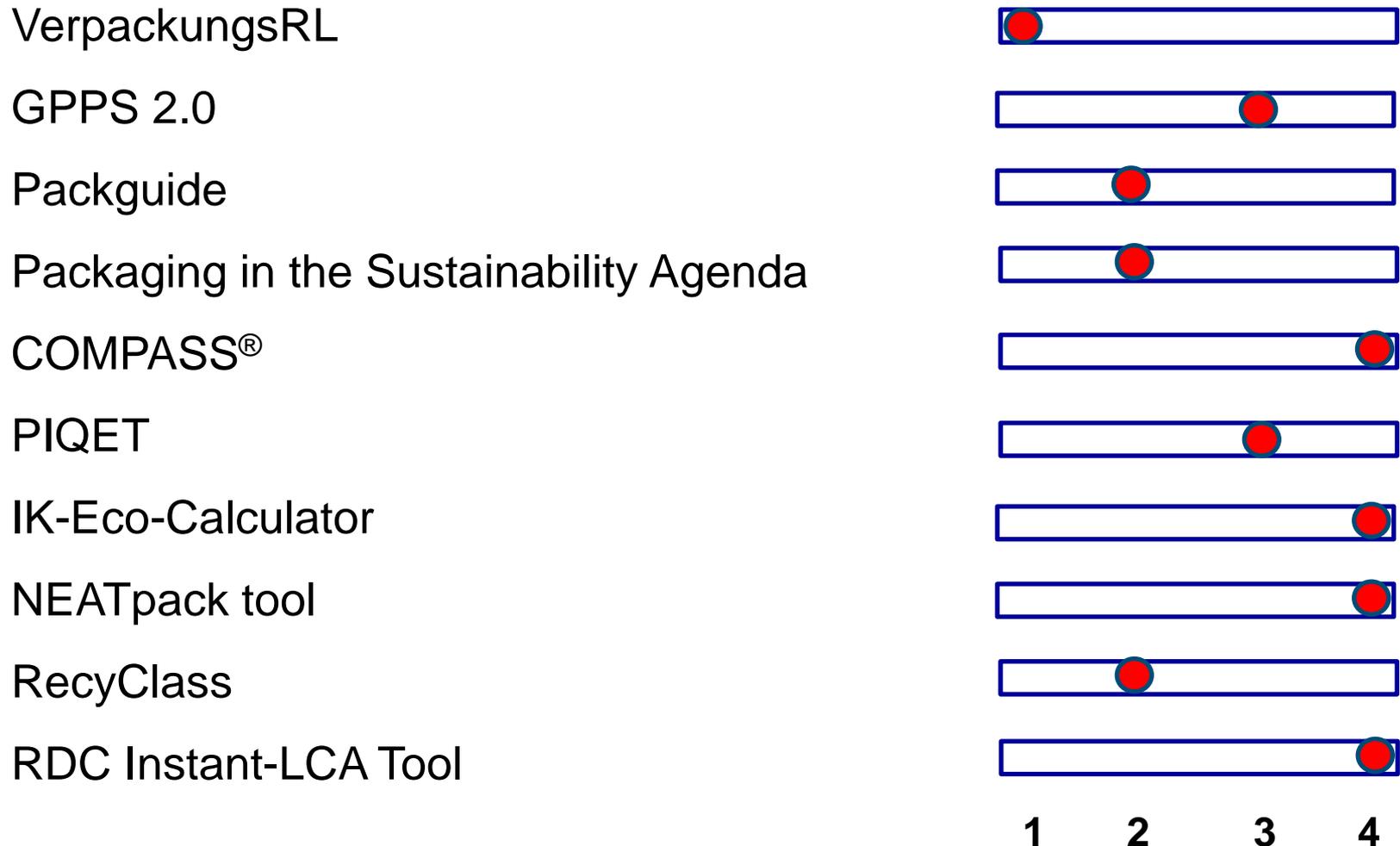
Indikator „Umgang mit Zielkonflikten“

- Stufe 1: Tool bietet keine Unterstützung zu diesem Aspekt
- Stufe 2: Tool ermöglicht quantitativen Vergleich von Ergebnissen zu Wirkungskategorien ohne Interpretationshilfe
- Stufe 3: Tool ermöglicht quantitativen Vergleich von Ergebnissen zu Wirkungskategorien mit Anleitung zur Interpretation von typischen Zielkonflikten
- Stufe 4: automatische Detektion und Warnung bei Zielkonflikten

Ergebnisdarstellung der integrierten Bewertung (Perspektive 1: Überblick aller Indikatoren eines Tools)



Ergebnisdarstellung der integrierten Bewertung (Perspektive 2: Überblick aller Tools für einen Indikator)



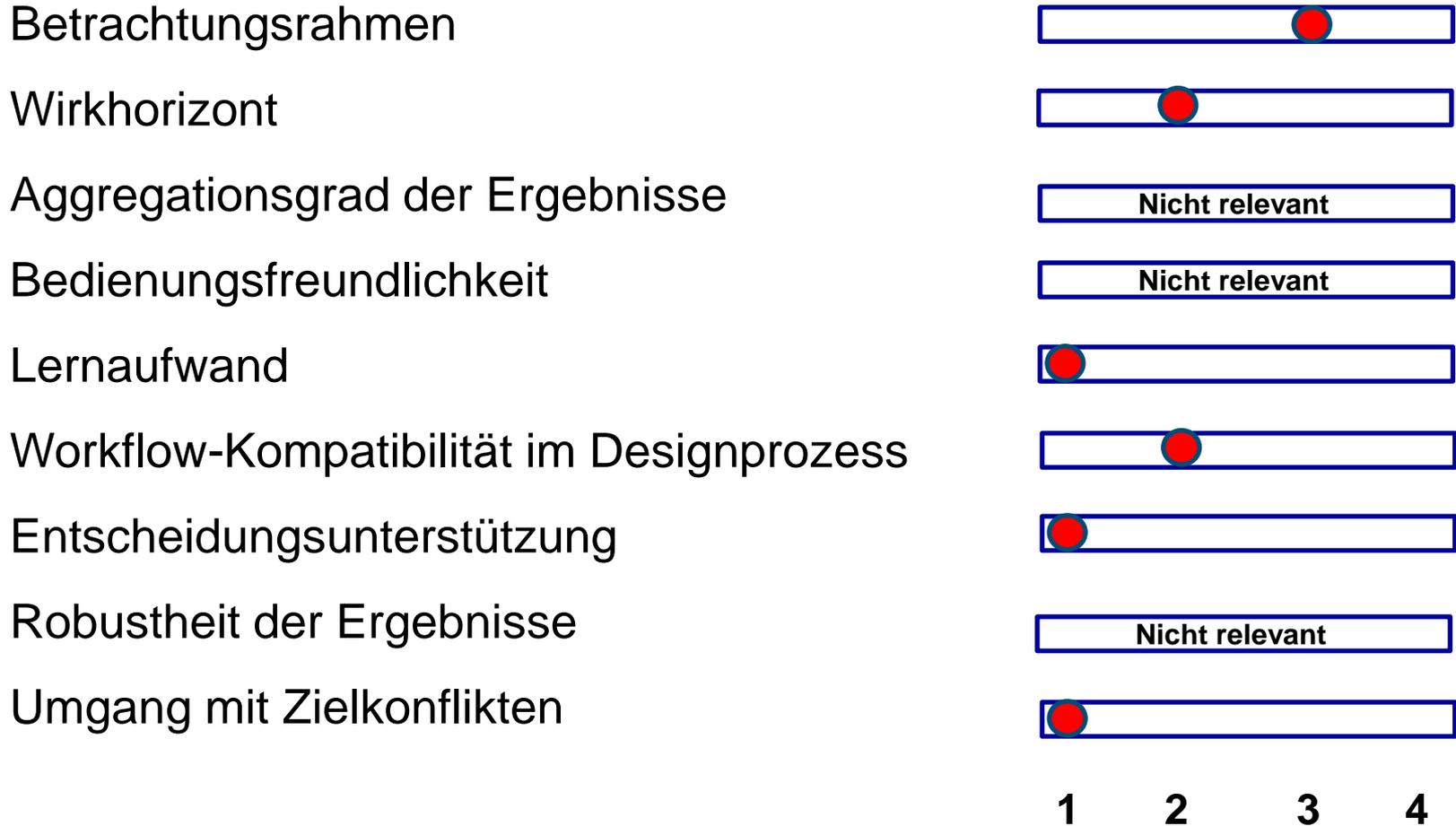
Überblick

- 1 Definition Ecodesign und Grundzüge des Ecodesign-Prozesses
- 2 Methodische Vorgehensweise für die integrierte Bewertung vorhandener Ecodesign-Tools und -Hilfsmittel
- 3 Ergebnisse der integrierten Bewertung bestehender Ecodesign-Tools
- 4 Erkenntnisse aus den Stakeholderinterviews
- 5 Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ecodesign-Tools und des Ecodesign-Prozesses

Zusammenfassende kritische Würdigung der „Verpackungsrichtlinie“ und CEN-Normen

- Die VerpackungsRL etabliert normative Anforderungen an das Design von Verpackungen, ohne Vorgaben zur konkreten Umsetzung im Designprozess zu setzen
- Die EN-Normen spezifizieren die Messverfahren, nach denen die Bewertung der Verpackungen nach den Vorgaben der Verpackungs-Richtlinie durchgeführt werden soll
- Zielkonflikte werden in diesen Dokumenten nicht thematisiert
- Diese Dokumente stellen keine eigentlichen Ecodesign-Hilfsmittel dar, sondern beschreiben normative Anforderungen an einen Teilaspekt des Ecodesigns

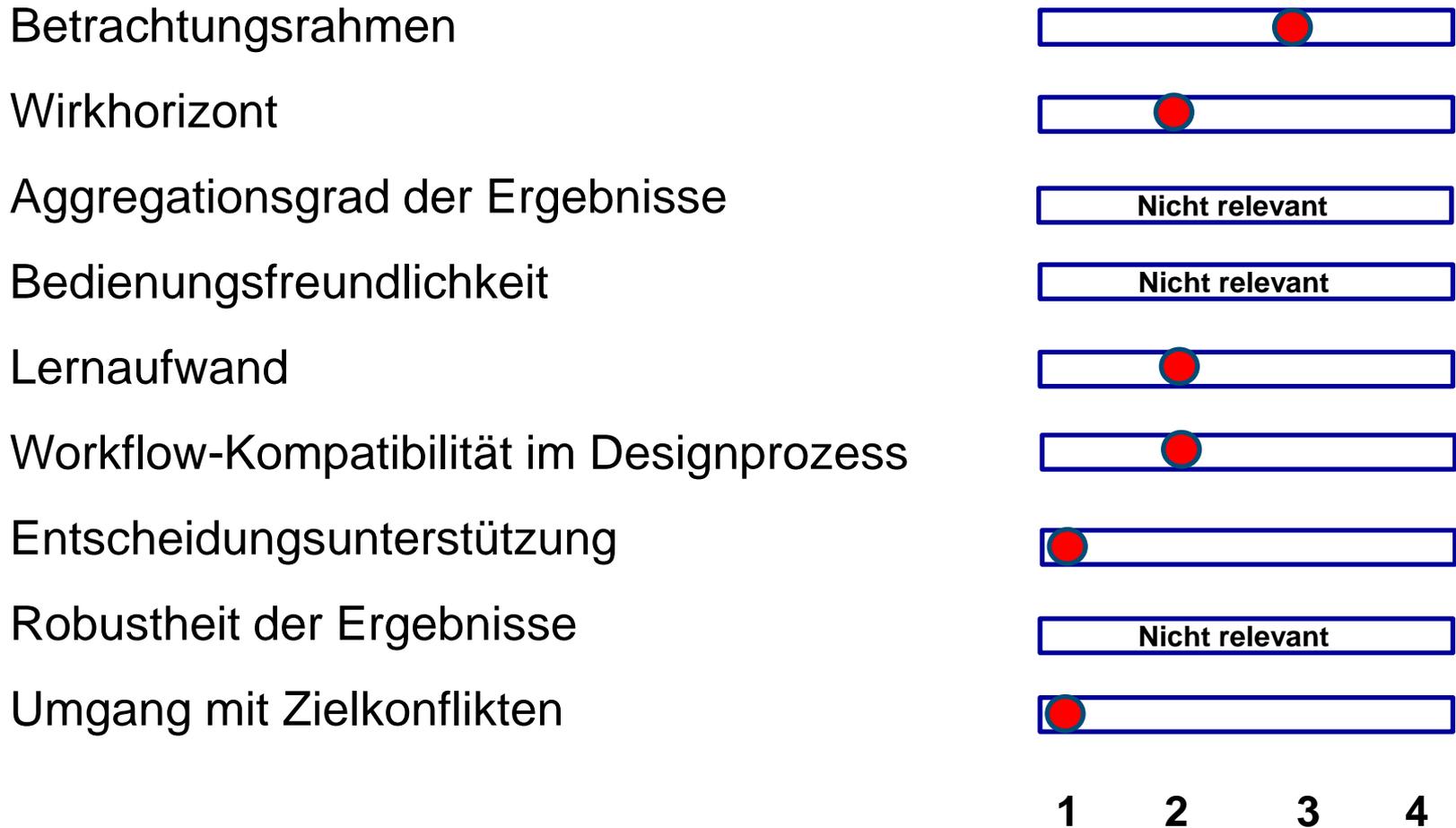
Indikatorergebnisse für die Verpackungsrichtlinie



Zusammenfassende kritische Würdigung von „GPPS 2.0“

- Leitfaden in Form eines Reports mit Anspruch auf eine gute Übersichtlichkeit, welche allerdings nicht sehr gut gelungen ist (z.B. ist der Unterschied zwischen „Framework“ und „Metrics“ nicht klar, bedenkliche Interpretation wissenschaftlicher gesicherter Sachverhalte wie des Treibhauseffekts)
- Die Empfehlung zur Verwendung des Lebenszyklus-Ansatzes ist nur auf theoretischer Ebene erläutert, aber es fehlen konkrete Hinweise für die praktische Umsetzung im Designprozess.
- Systemperspektive (Lieferketten, Supply-chain Akteure, verschiedene Verpackungstypen) werden angesprochen, aber Ecodesign-Empfehlungen werden nicht konkretisiert.
- Zielkonflikte werden nur am Rande thematisiert, aber nicht erläutert.
- Der Leitfaden ist allenfalls für Neueinsteiger in das Thema Ecodesign nützlich, weil er die Kommunikation über Umweltziele erleichtert (Begriffsklärung und Grundlagenwissen).

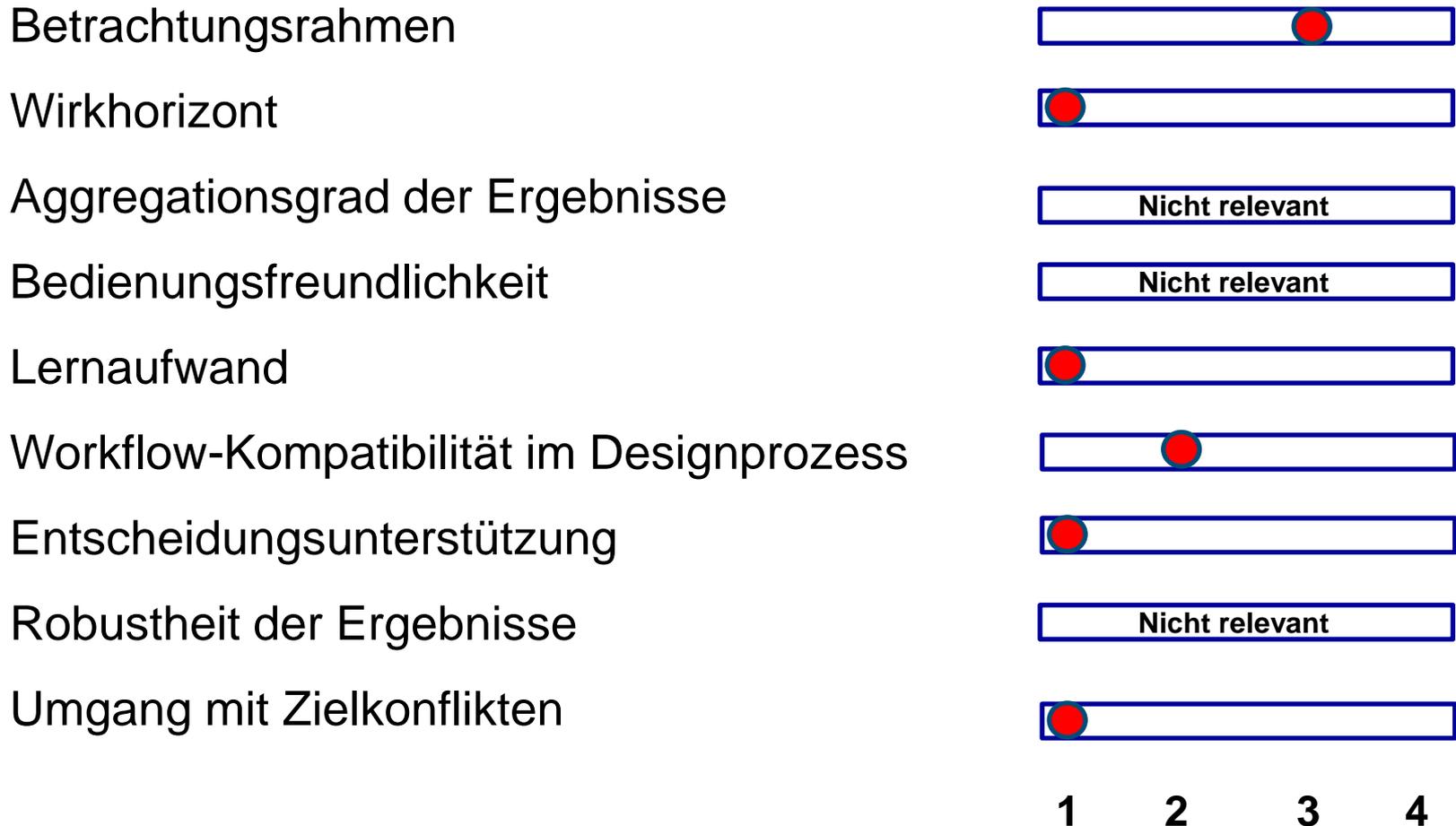
Indikatorergebnisse für „GPPS 2.0“



Zusammenfassende kritische Würdigung von „Packguide“

- Erste Orientierungshilfe für umweltbewusstes Verpackungsdesign, speziell für Produktdesigner, Verpackungsdesigner, Marketingverantwortliche und Einkäufer; gibt Ideen für die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit im Designprozess mit Fokus auf die Verbesserung der Umweltaspekte
- Der methodische Ansatz beruht auf generischen Designprinzipien bzw. Heuristiken; diese liegen in Form von Checklisten / Fragelisten vor, an dem sich die Anwender/innen orientieren können.
- Der Leitfaden thematisiert wichtige Abschnitte des Lebenswegs von Verpackungen (Rohstoffgewinnung, Verpackungsherstellung und materielles / thermisches Recycling); Konsument/innen sollen beim nachhaltigen Konsum unterstützt werden.
- Designprinzipien sind sehr generisch formuliert und geben eher Denkanstöße für Designer statt konkrete Empfehlungen zu Designvarianten; es bleibt der Expertise und Kreativität der Designer überlassen, die Designprinzipien in konkrete Maßnahmen umzusetzen.
- Typische Zielkonflikte werden in narrativer Form erklärt und generische Lösungsvorschläge mittels Checklisten aufgezeigt; methodenbedingt (Leitfaden) keine Unterstützung bei der Ermittlung und Lösung konkreter Zielkonflikte

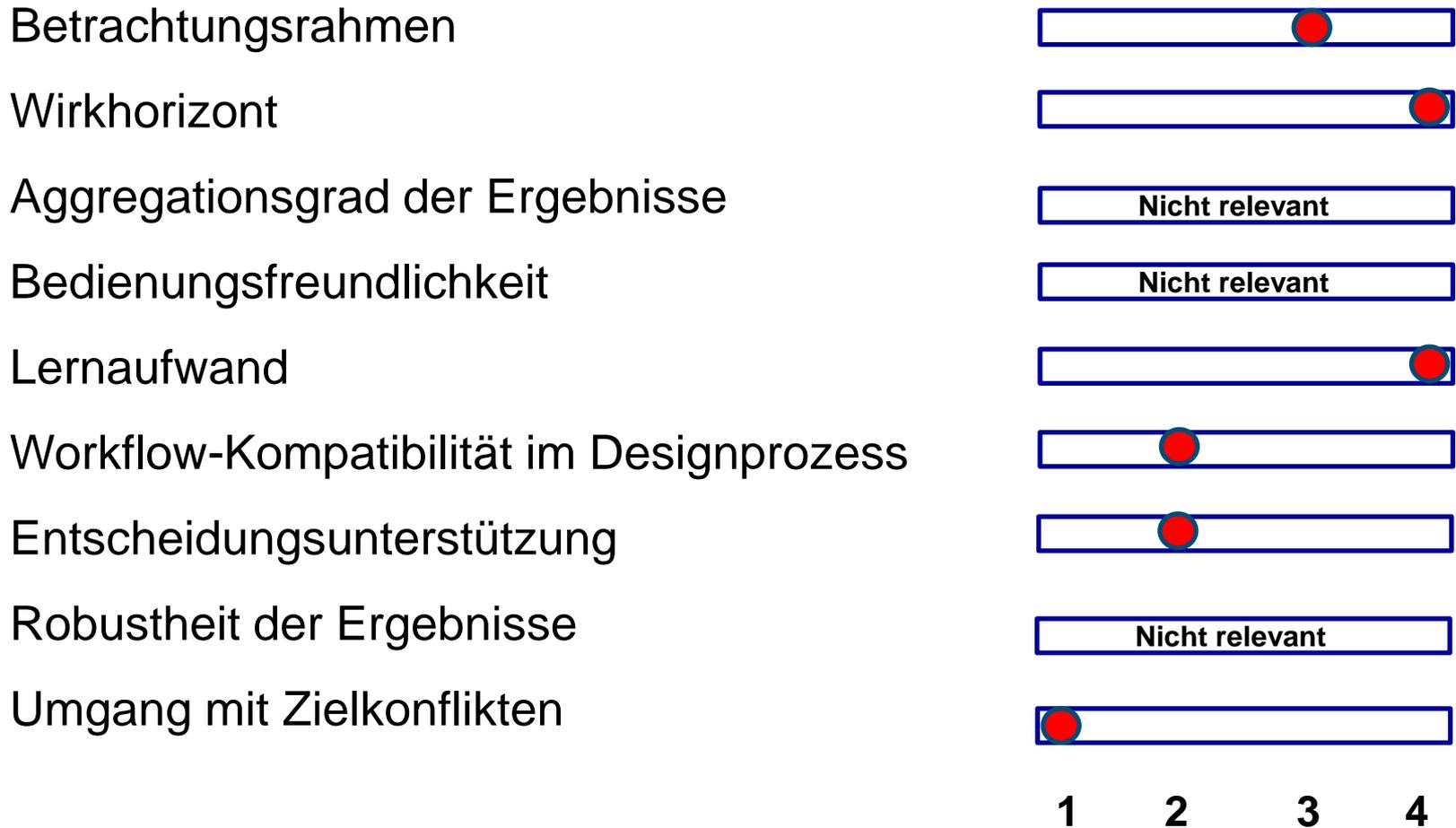
Indikatorergebnisse für den „Packguide“



Zusammenfassende kritische Würdigung von „Europen Guide“

- Kein eigentliches (Eco-)Design Tool, sondern praktischer Ratgeber für die Planung von Nachhaltigkeitsstrategien in Unternehmen auf Führungsebene; kann den Anstoß für die Orientierung eines Unternehmens auf Ecodesign geben
- Der Leitfaden will ein gemeinsames Verständnis von Grundsätzen der Nachhaltigkeit bei allen Akteuren innerhalb der Wertschöpfungskette herstellen; er hilft bei der Orientierung auf Umweltziele, aber die Empfehlungen sind nicht verbindlich; deren Umsetzung ist nicht ohne weiteres messbar und daher nicht überprüfbar.
- Nicht als Anleitung für konkretes Verpackungsdesign konzipiert; für die Implementierung von Ecodesign wird die Anwendung zusätzlicher (LCA-) Tools empfohlen.
- Methodische Basis ist das Plan-Do-Check-Act-Prinzip; berücksichtigt wird der gesamte Lebenszyklus von Produktverpackungen (Primär-, Sekundär- und Transportverpackungen) im Lichte der drei Säulen der Nachhaltigkeit: "People, Planet, Profit" (PPP)
- Zielkonflikte werden mittels Heuristiken behandelt (z.B. Portionsgröße und Lebensmittelabfall); für konkrete Fälle wird auf Ökobilanzen verwiesen.

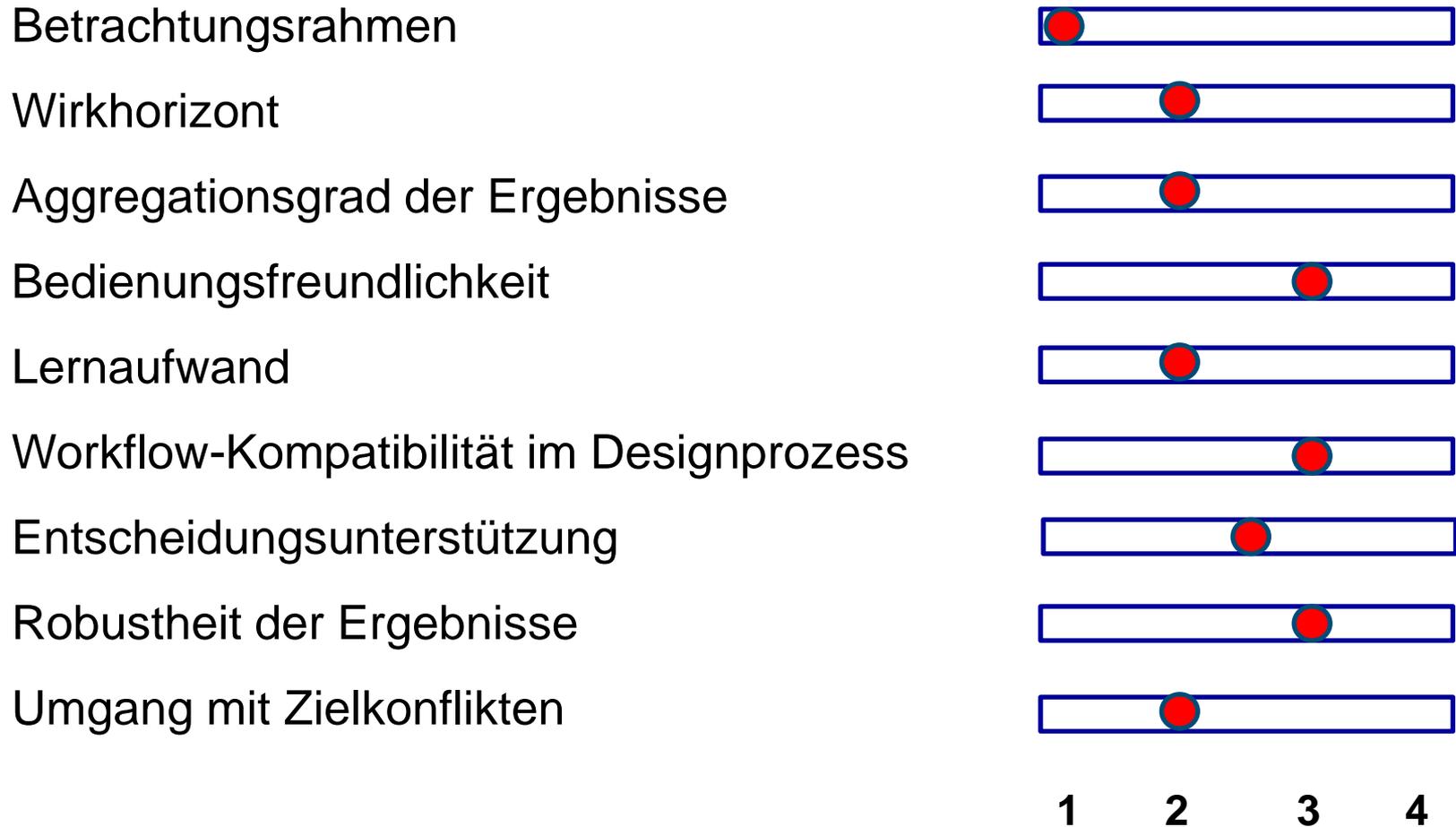
Indikatorergebnisse für den „Europen Guide“



Zusammenfassende kritische Würdigung von „COMPASS“

- Primärer Zweck dieses vereinfachten Ökobilanztools ist die Ermittlung von Umweltprofilen von Verpackungen, ohne dass der Anwender selbst eine vollständige LCA durchführen muss.
- Aus Gründen der einfachen Handhabung deckt das Tool (in der Testlizenz) nicht die ganze Vielfalt der möglichen Verpackungsmaterialien ab (z.B. werden Komposite nicht berücksichtigt).
- Ein Vergleich mehrerer Designalternativen ist ebenso möglich wie die Benutzung im Team.
- Die Testversion vermittelt den Eindruck eines sehr vereinfachten LCA-Tools, welches in der Vollversion über weitere Funktionen verfügt.
- Die bereitgestellten LCA-Ergebnisse eignen sich implizit zur Identifizierung von Zielkonflikten, das Tool gibt jedoch keine explizite Warnung oder Hilfestellung zur Lösung von Zielkonflikten; die Nutzer/innen benötigen Wissen und Erfahrung, um diese richtig zu interpretieren.

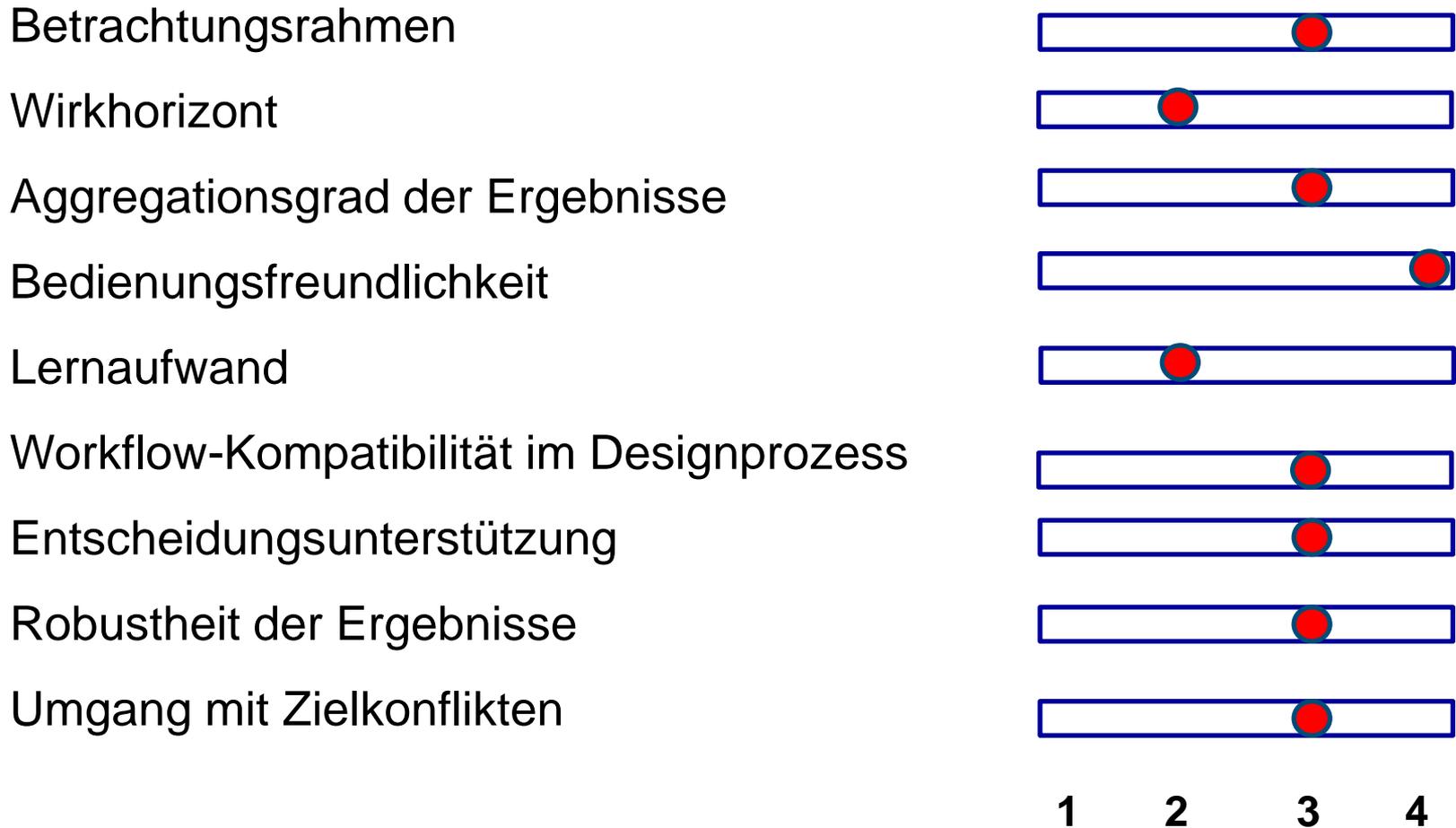
Indikatorergebnisse für "COMPASS"



Zusammenfassende kritische Würdigung von „PIQET“

- Das vereinfachte (streamlined) Ökobilanztool bietet auch Nicht-LCA-Experten die Möglichkeit, einen vergleichenden ökobilanziellen Schnelltest von Verpackungen und Designalternativen durchzuführen.
- Die Bedienoberfläche erscheint übersichtlich und selbsterklärend, allerdings erfordert die Dateneingabe ein genaues Verständnis der Prozesse und Verfügbarkeit spezifischer Daten; es kann auch mit vorgegebenen generischen Prozessdaten gearbeitet werden.
- Die methodische Grundlage von PIQET basiert auf der "Australian impact assessment method" von CfD; diese Methode ist eine Adaption der CML- / Eco-Indicator-Methode; dabei werden die Kennzahlen für typische Prozesse mit SimaPro vorberechnet und in einer eigenen "Impact Assessment Database" gespeichert, aus der PIQET die Daten für die Berechnungen der Anwendungsfälle bezieht.
- Die LCA-Resultate ermöglichen das Erkennen von Hotspots bei der Umweltbelastung; die Darstellung in Spinnennetzen ermöglicht eine visuelle Erkennung von Verschiebungen der Umweltlasten („burden shift“); geschulte Anwender können daraus Rückschlüsse auf Zielkonflikte ableiten.

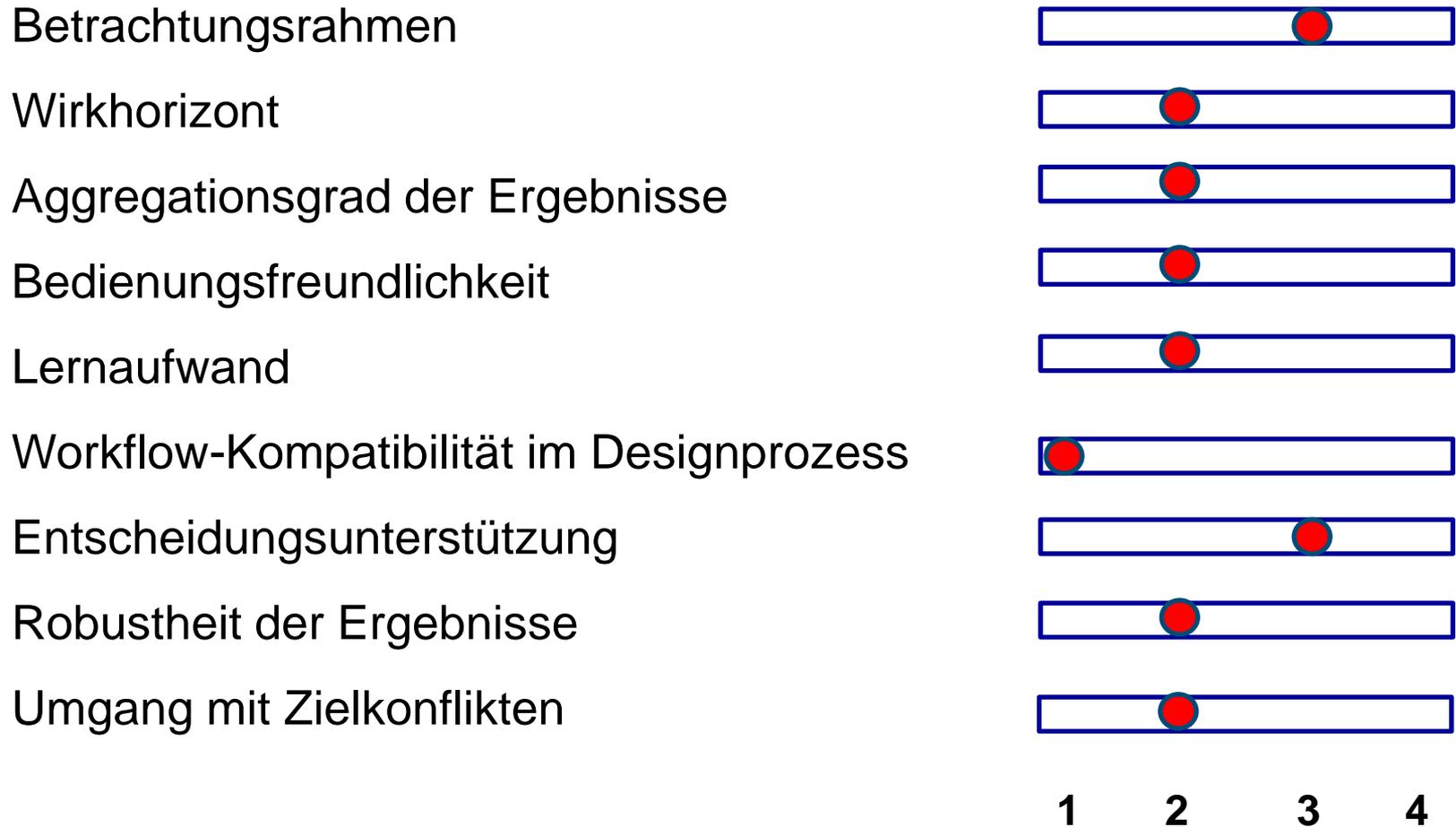
Indikatorergebnisse für "PIQET"



Zusammenfassende kritische Würdigung für den „IK-Eco-Calculator“

- Vereinfachtes LCA-Tool zur Erfassung der Umweltperformance von Verpackungen und zur Produktoptimierung; Anwendungszweck des Tools sind firmeninterne Studien für Design-for-Environment sowie Systemoptimierung in der Wertschöpfungskette (business-to-business).
- Als methodische Basis dient das CML-Modell 2001 mit Updates auf 2009.
- Nur anwendbar auf Kunststoffverpackungen, die unter definierten Bedingungen in Deutschland hergestellt, genutzt und entsorgt werden; der Einfluss des Verpackungsdesigns auf die Nutzungsphase wird vom Tool nicht berücksichtigt.
- Die Eingabe der Inputdaten erfordert einen innerbetrieblichen Informationsfluss bzw. Rücksprache mit Prozessmanagern.
- Ein Variantenvergleich ist mittels Szenarien möglich, jedoch werden Zielkonflikte im Ergebnis nicht explizit sichtbar gemacht; aus den numerischen bzw. grafischen Resultaten können indirekte Rückschlüsse auf Zielkonflikte gezogen werden; das Tool hat eine eher steile Lernkurve, weil es keine sehr intuitive Benutzerführung / Bedienung bietet; um das Tool effizient benutzen zu können, bedarf es daher einer Schulung.

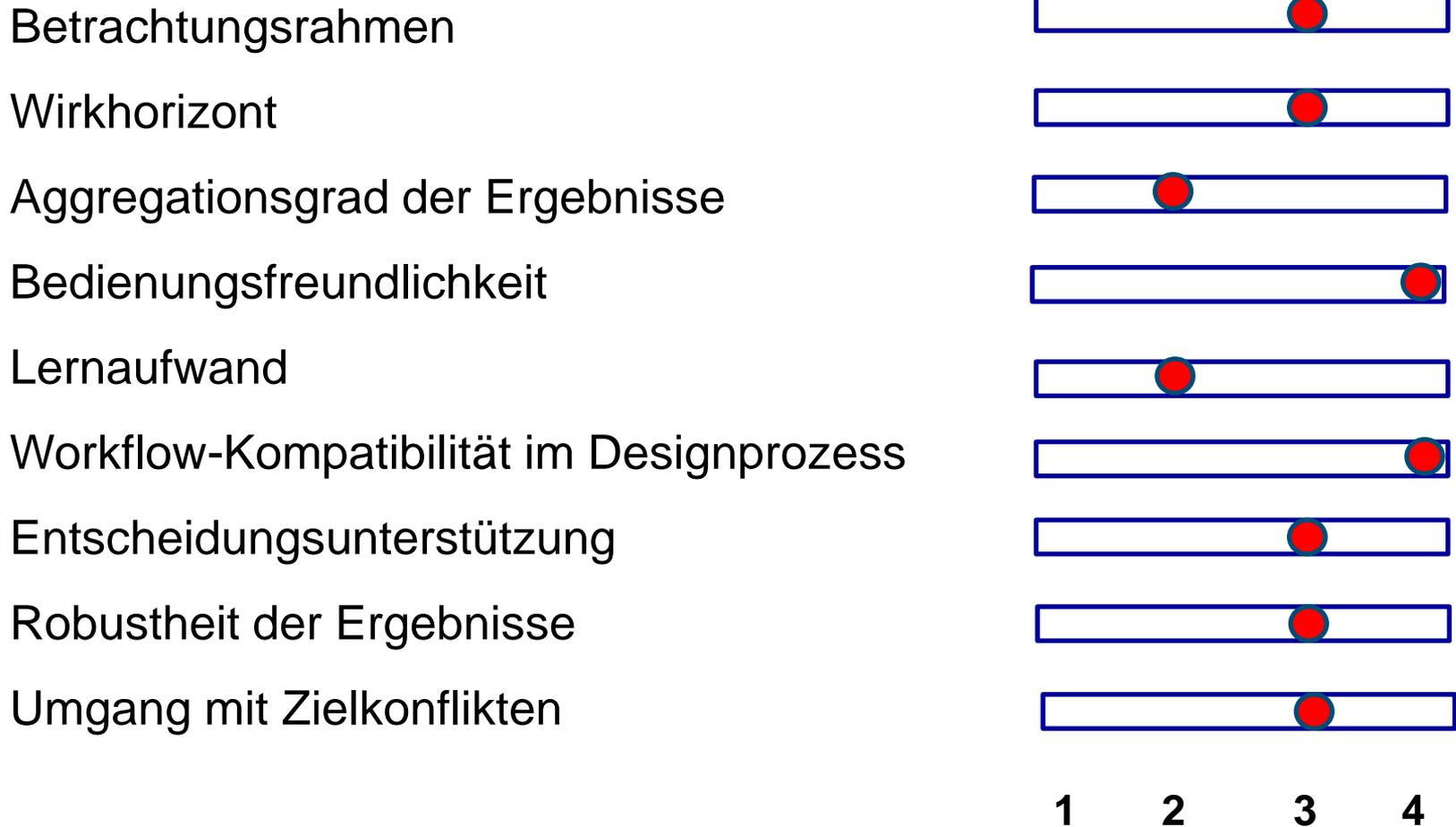
Indikatorergebnisse für den "IK-Eco-Calculator"



Zusammenfassende kritische Würdigung von „NEATpack“ / „EcodEx“

- Primärer Zweck des Tools ist die Verbesserung der Umweltleistung durch interne Entscheidungsunterstützung im Designprozess sowie bei Geschäftsprozessen.
- LCA-basierte Informationen sollen von Beginn an in den Entscheidungsprozess der Produktentwicklung eingebracht werden; die Ergebnisse des Tools werden in die firmeninterne Entscheidungsstruktur eingespeist (Management-Board).
- Zielkonflikte können aus dem Ökobilanzergebnissen abgeleitet werden, zudem existiert ein Modul zur ökonomischen Bewertung, das auch zur Abwägung zwischen ökonomischen und ökologischen Aspekten verwendbar ist.
- Es wird bei Nestlé innerhalb von definierten Usergroups eingesetzt; dazu gehören die in einem Projekt involvierten Spezialisten wie Verpackungsdesigner, Food-Spezialisten und Logistikexperten. Die jeweiligen Bearbeiter sind Experten in ihren jeweiligen Fachgebieten, aber nicht notwendigerweise LCA-Experten.
- Die Anwendung erfolgt im Kontext einer etablierten Arbeitsumgebung mit definierter Abfolge von Arbeitsschritten und Schnittstellen zu betrieblichen Entscheidungsprozessen und Datenquellen; nur durch diese Einbettung in die Arbeitsroutine kann das Tool effizient genutzt werden; als Stand-Alone-Tool könnte EcodEX seine Vorteile nicht in gleicher Weise entfalten.
- Sehr gute Benutzerführung sowie sehr gute Ergebnisdarstellung durch Spinnennetzgrafiken, die durch ausgebildete Experten einfach interpretiert werden können (ist Bestandteil betriebsinterner Schulungen für alle am Designprozess Beteiligten).
- Spezialisiert auf die Bedürfnisse der Lebensmittelbranche

Indikatorergebnisse für "NEATpack" / „EcodEx“



Zusammenfassende kritische Würdigung von „RecyClass“

- Primäres Ziel des Tools ist die Ermittlung der Recyclingkonformität.
- Adressierung wichtiger technischer Details aus den Recyclingprozessen (z.B. Farbe der Kunststoffe)
- Ressourcenaspekte (Einsatz Recyclatkunststoff) und Schadstoffaspekte (REACH-Konformität, SVHC, eher rudimentär) werden mit betrachtet.
- Kein direkter Vergleich mehrerer Alternativen möglich
- Allerdings können die einzelnen Angaben unaufwändig variiert werden, wodurch die wichtigsten Einflussgrößen ("Stellschrauben") für das Endergebnis identifiziert werden können.
- Grundsätzlich keine Behandlung von Zielkonflikten
- Sehr gute Benutzerführung sowie sehr gute Dokumentation (PDF)

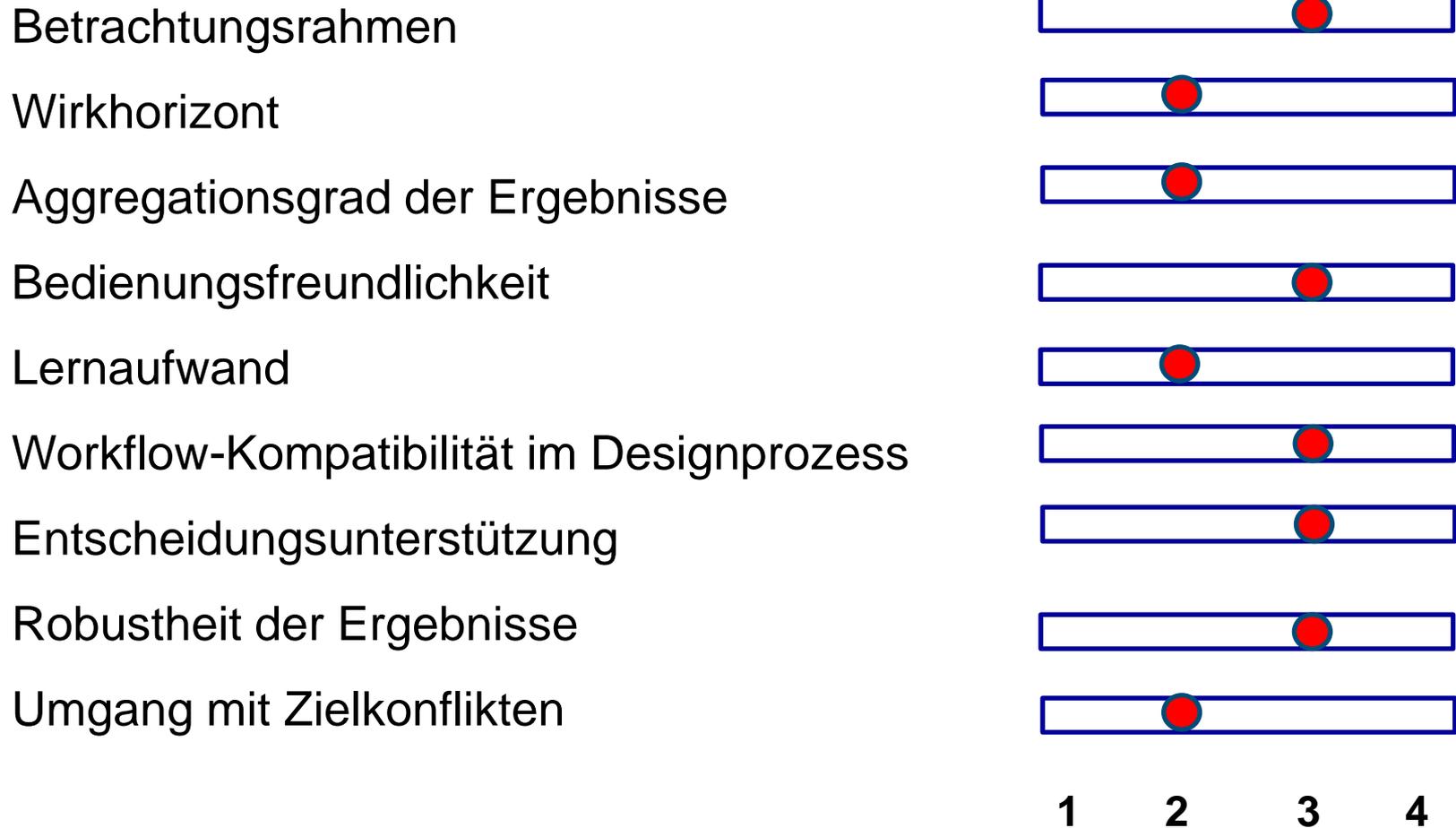
Indikatorergebnisse für „RecyClass“



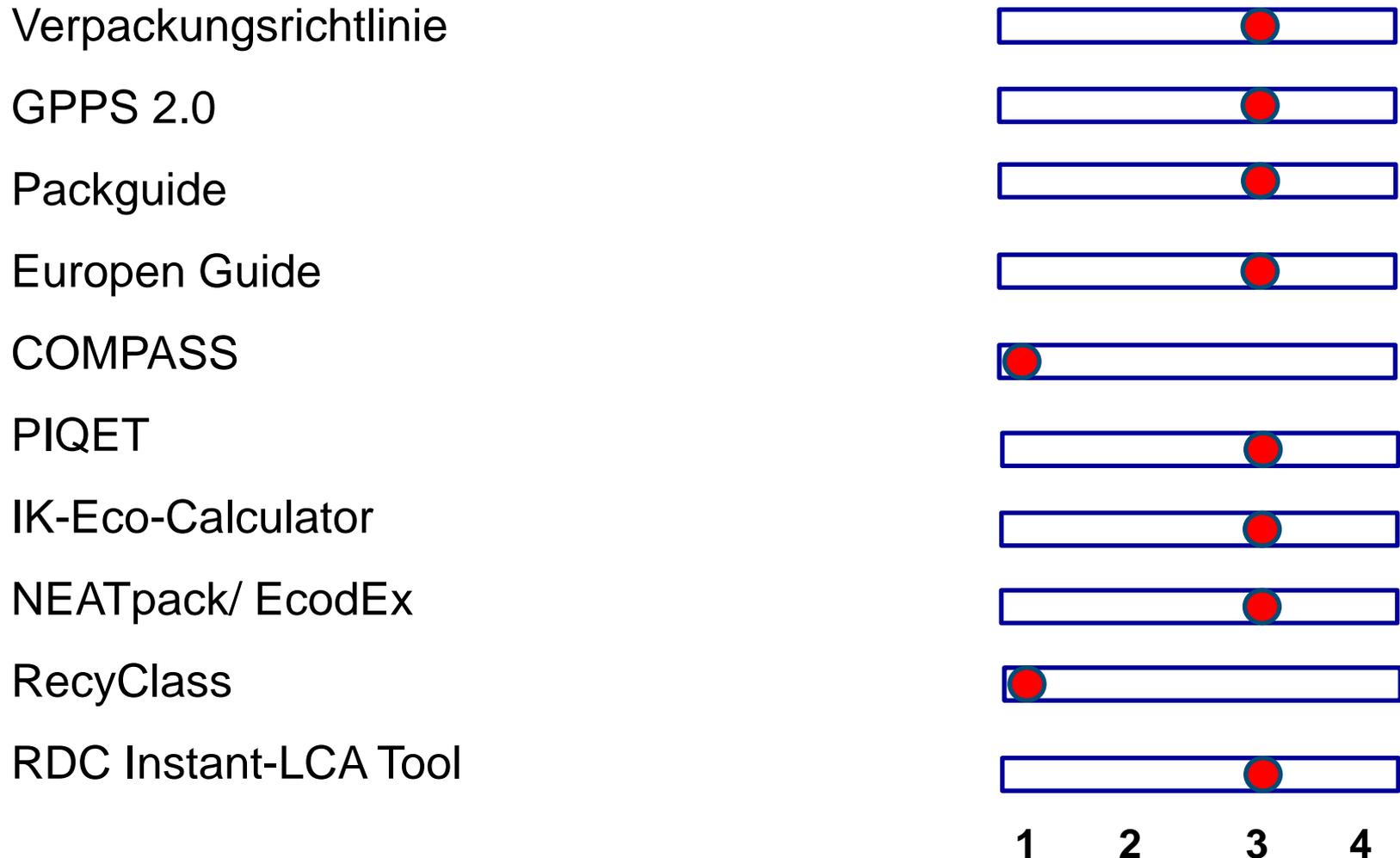
Zusammenfassende kritische Würdigung von „RDC Instant-LCA Tool“

- Das vereinfachte (streamlined) Ökobilanz-Tool ist eine für den Verpackungssektor spezialisierte Adaption einer generischen LCA-Ökobilanzsoftware; intuitive Bedienung und guter Kompromiss zwischen Detailliertheit und Vereinfachung
- Berücksichtigt primäre, sekundäre, tertiäre Verpackungen; zusätzliche Plug-Ins bieten weitere methodische Möglichkeiten zur Modellierung der Wiederverwertung von Verpackungsabfällen
- Die zugrundeliegende LCA-Methode ist anhand der Unterlagen ansatzweise dokumentiert; Vorselektion und Aggregation relevanter Aspekte (bzw. deren Vernachlässigung) beruhen auf Erfahrungen von RDC im Verpackungssektor
- Beschränkung der Systemgrenze auf Verpackungen; der Einfluss der Verpackung auf die Umweltauswirkungen der verpackten Güter kann nicht berechnet werden.
- Mäßig differenzierte LCA -Ergebnisse sortiert nach Lebenszyklusphasen; eine Beitragsanalyse ist möglich, aber nicht nach einzelnen Materialien aufgeschlüsselt; keine Empfehlungen zum Ecodesign (wird in einem separaten kostenlosen Tool angeboten).
- Eine kostenpflichtige Vollversion des Tools bietet eine erweiterte Datenbasis mit vorgefertigten Modellen, die auf Fallstudien im Verpackungssektor beruhen.

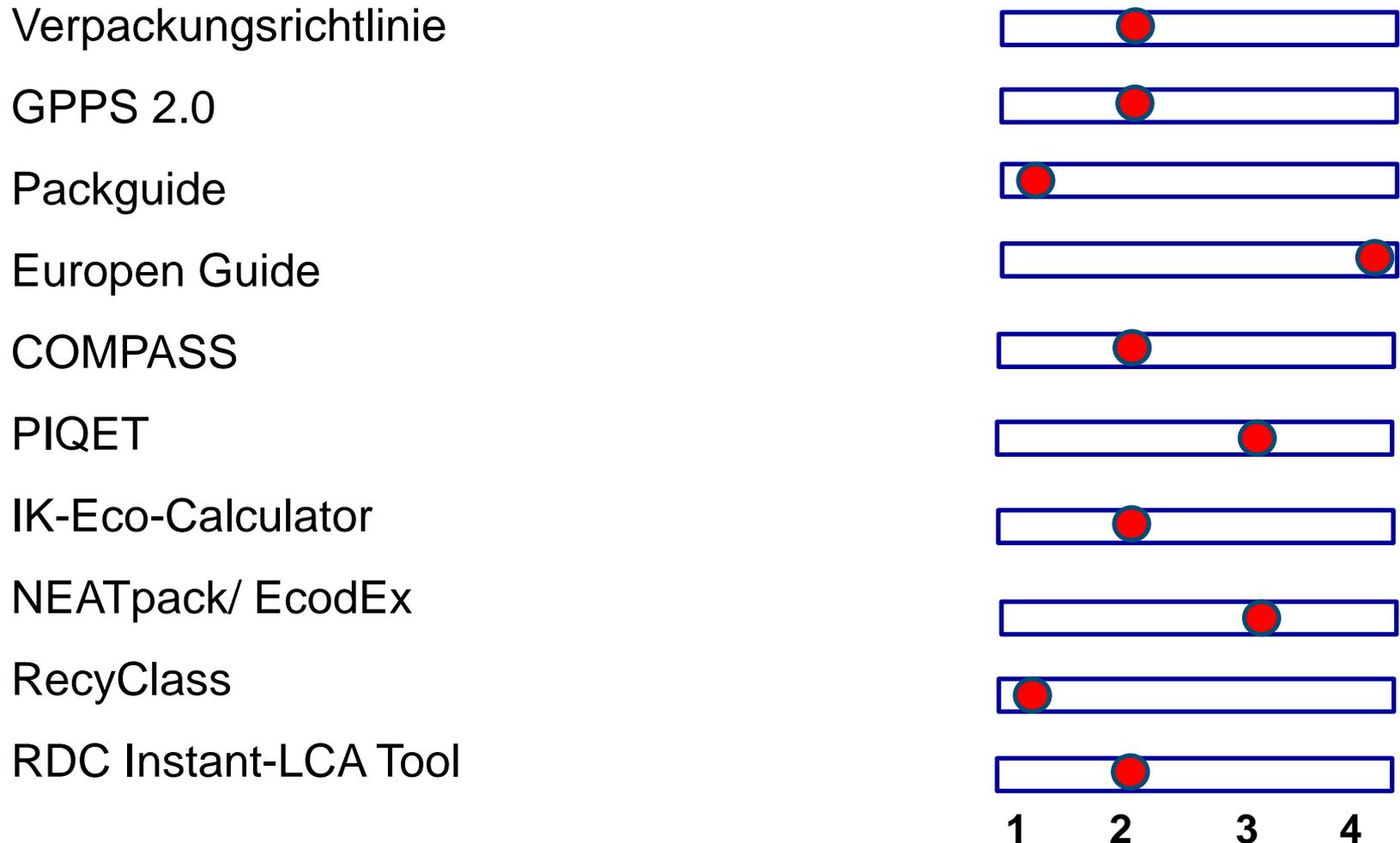
Indikatorergebnisse für „RDC Instant-LCA Tool“



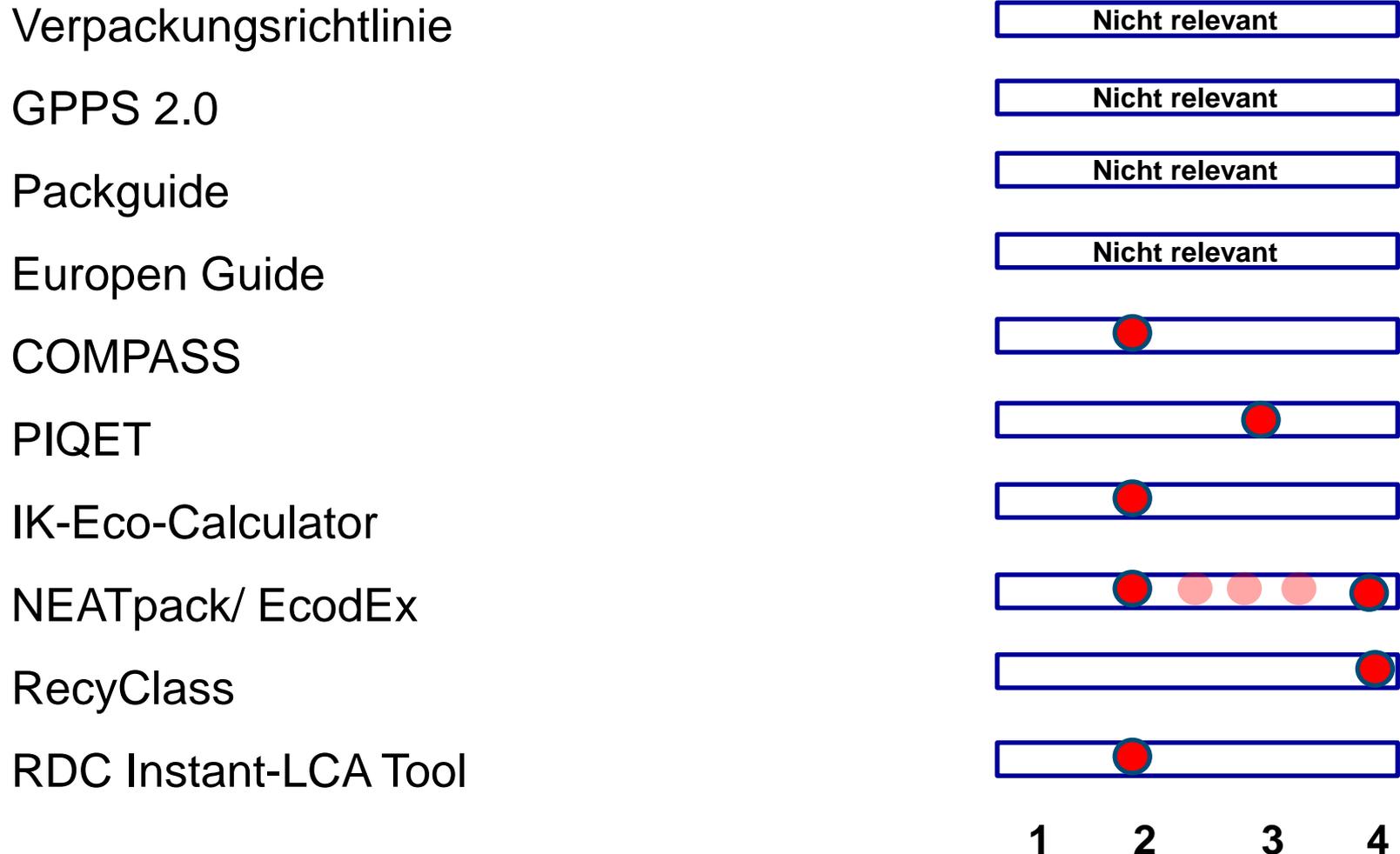
Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator “Betrachtungsrahmen”



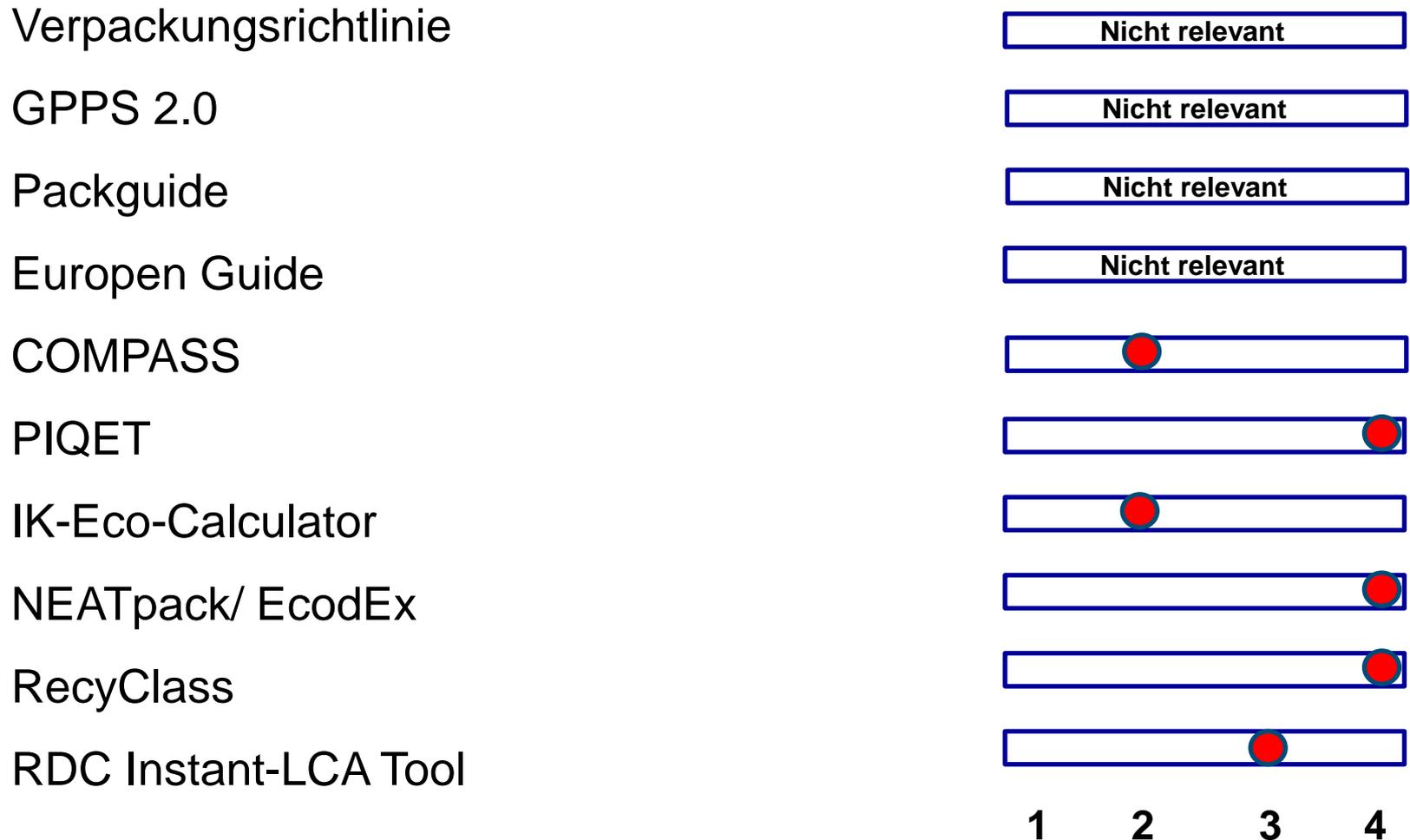
Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator "Wirkhorizont"



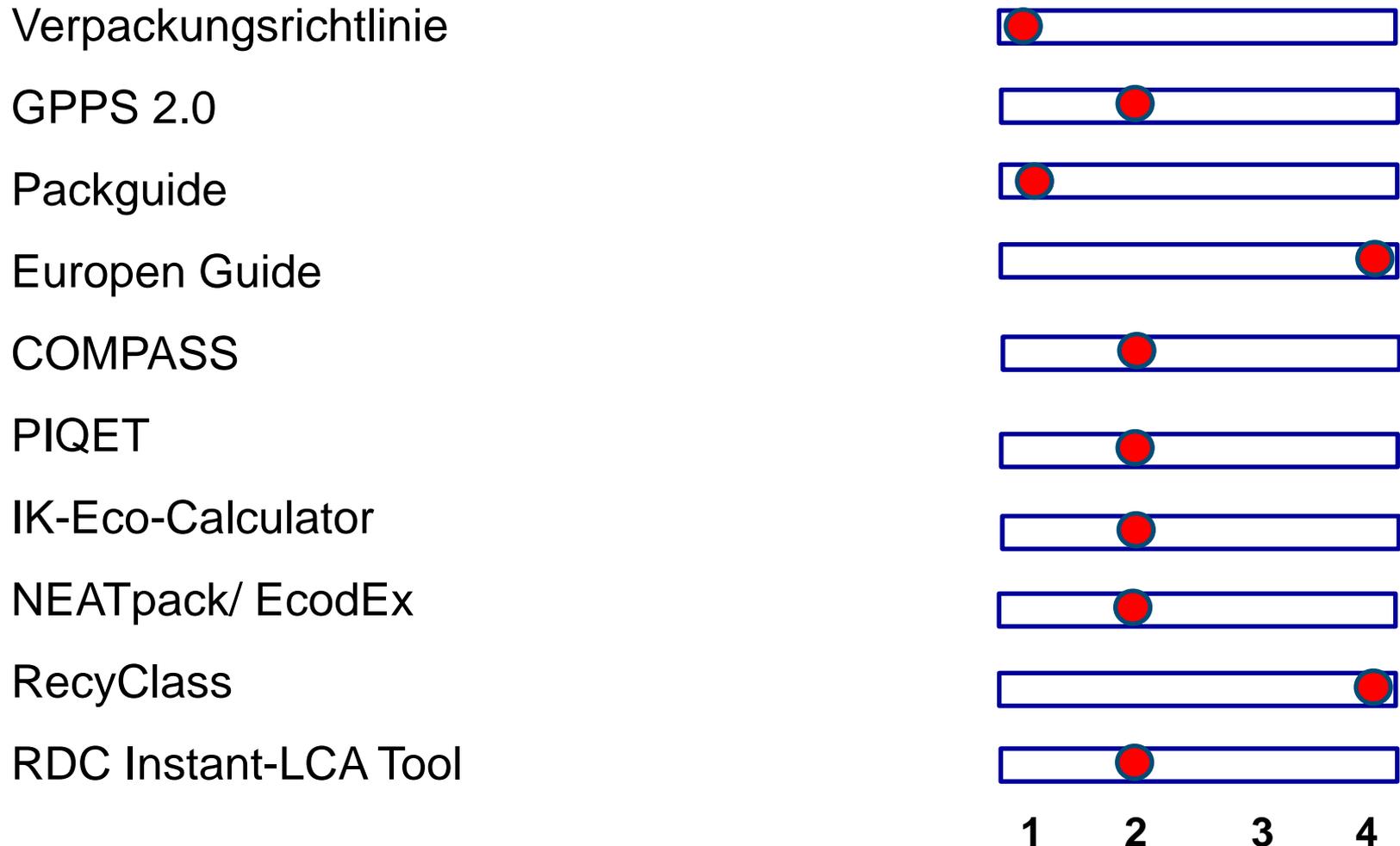
Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator "Aggregationsgrad der Ergebnisse"



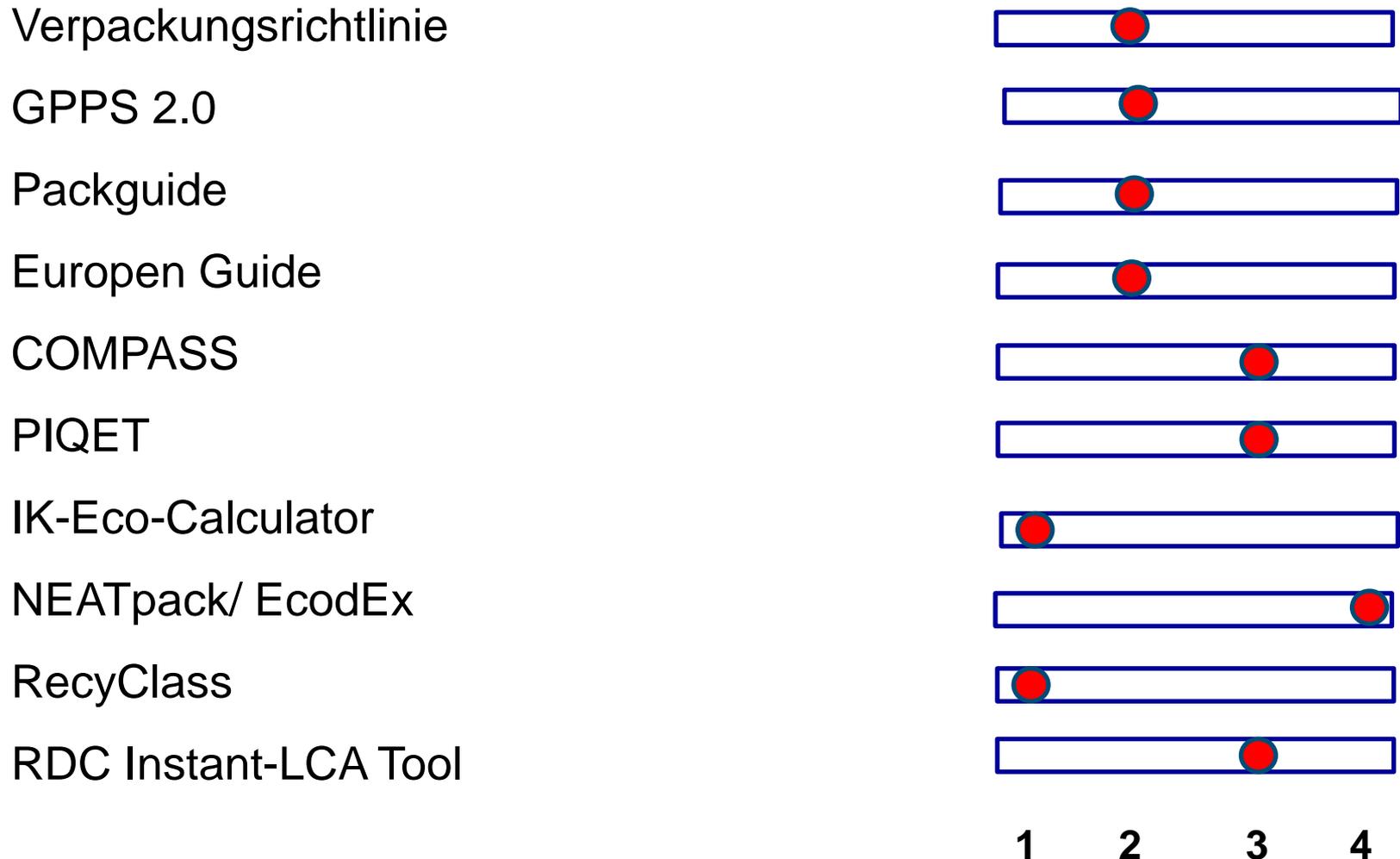
Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator "Bedienungsfreundlichkeit"



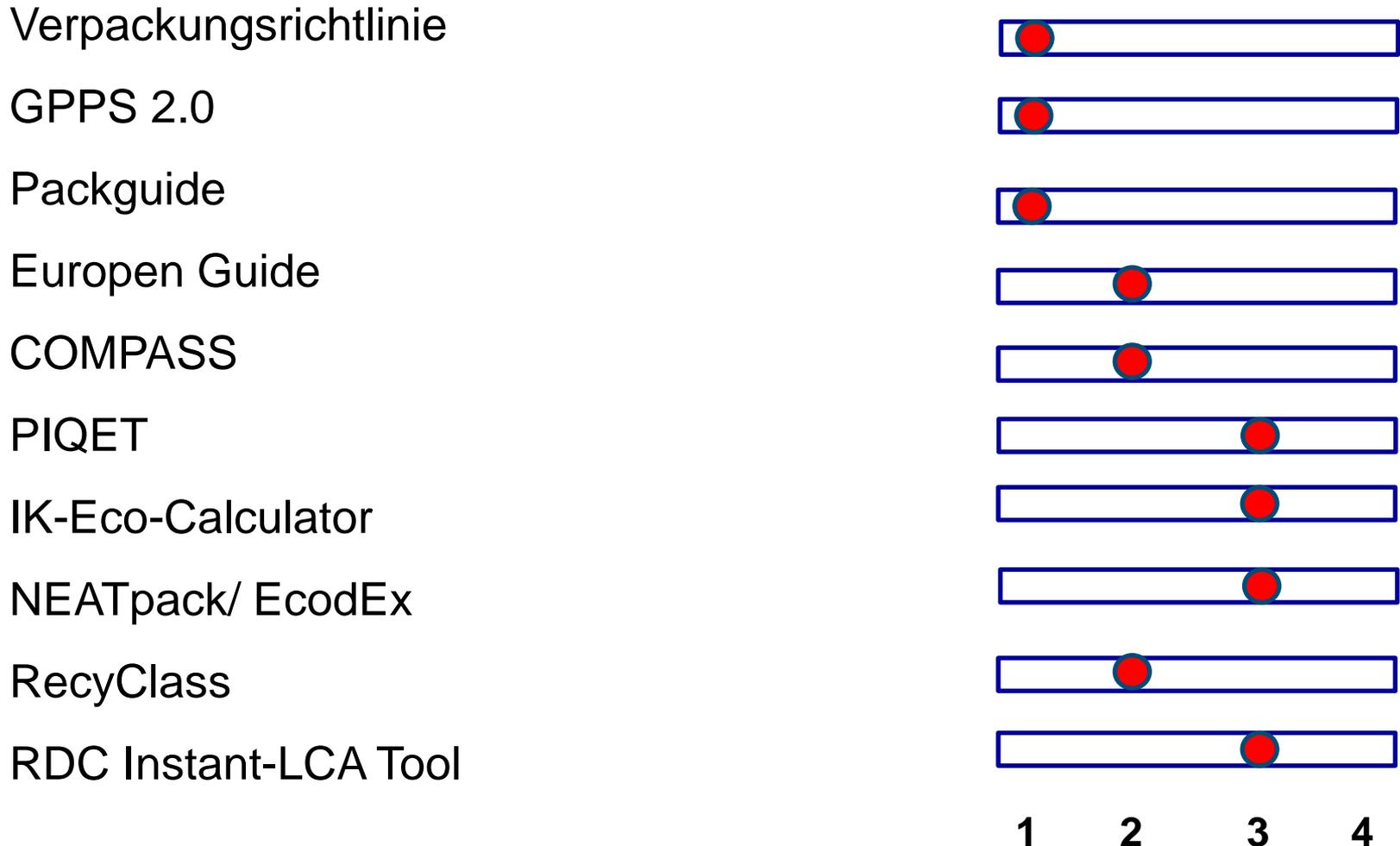
Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator “Lernaufwand“



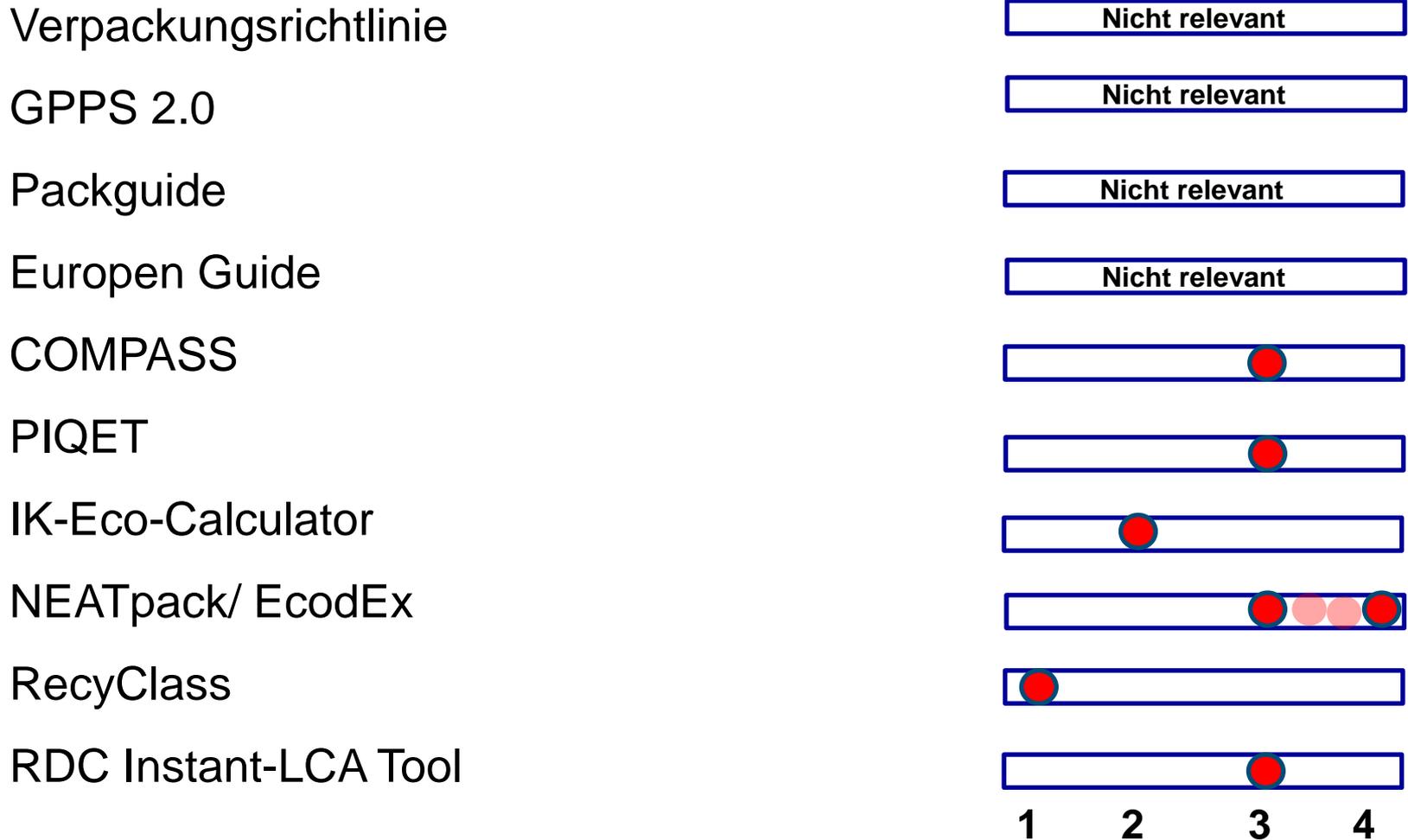
Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator „Workflow-Kompatibilität im Designprozess“



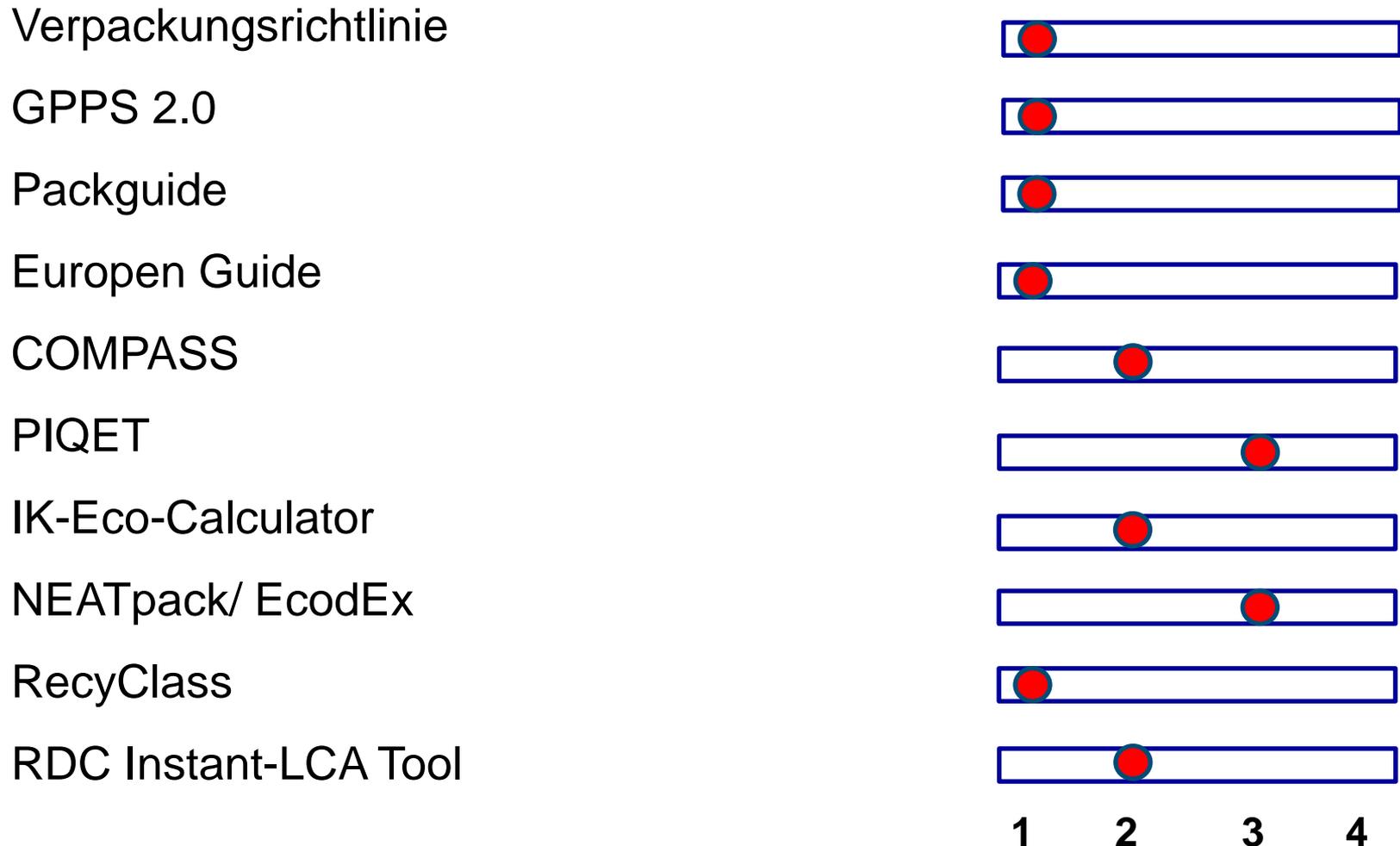
Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator “Entscheidungsunterstützung”



Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator "Robustheit der Ergebnisse"



Vergleich der Bewertungsergebnisse für den Indikator "Umgang mit Zielkonflikten"



Quintessenz aus der integrierten Bewertung bestehender Ecodesign-Tools / Allgemeiner Eindruck

- Die untersuchten LCA-basierten Ecodesign-Tools haben sich als ausgereift und für ihren jeweiligen Verwendungszweck grundsätzlich als praktikabel erwiesen.
 - Stellen „in Toolform gegossene“ Heuristiken dar
 - Adäquate Behandlung von verpackungsspezifischen Fragestellungen
 - Stärke ist die Operationalisierung im Managementprozess.
- Die betrachteten Leitfäden fungieren v.a. als Ideengeber für den Einstieg in einen auf Umweltaspekte ausgerichteten Innovationsprozess.
- Die durch die Tools angeregten Optimierungsansätze ermöglichen vorrangig inkrementelle Verbesserungen des Verpackungsdesigns, während disruptive Innovationen (z.B. durch den Einsatz neuer Technologien) nur schwer abbildbar sind.
- Ecodesign-Tools können nur dann ihre Wirkung voll entfalten, wenn ihr Einsatz in eine auf Umweltaspekte ausgerichtete betriebliche Aufbau- und Ablauforganisation eingebettet ist.

Quintessenz aus der integrierten Bewertung / Definition des Begriffs „Ecodesign“

- Keines der untersuchten Tools bietet eine klare Auseinandersetzung mit dem Begriff „Ecodesign“ und dessen Einbindung in die betrieblichen Abläufe
- Leitfaden-basierte Tools
 - thematisieren zwar vereinzelt den Begriff Ecodesign
 - jedoch fehlt eine klare Definition, z.B. gemäß ISO 14006:2011 bzw. ISO/TR 14062
- Qualitative Tools
 - behandeln im Allgemeinen die wichtigsten Teilaspekte der umweltverträglichen Produktgestaltung
 - jedoch werden hier teilweise auch andere Nachhaltigkeitsaspekte thematisiert, ohne eine klare Begriffsabgrenzung vorzunehmen
- Quantitative Tools
 - wurden zwar speziell für das Ecodesign entwickelt
 - allerdings fehlt jegliche Hilfestellung zur effizienten Einbindung in betriebliche Prozesse; die Berücksichtigung von strategischen und Managementaspekten ist jedoch gemäß ISO/TR 14062 ein essenzieller Teil des Betrachtungsrahmens im Ecodesign.

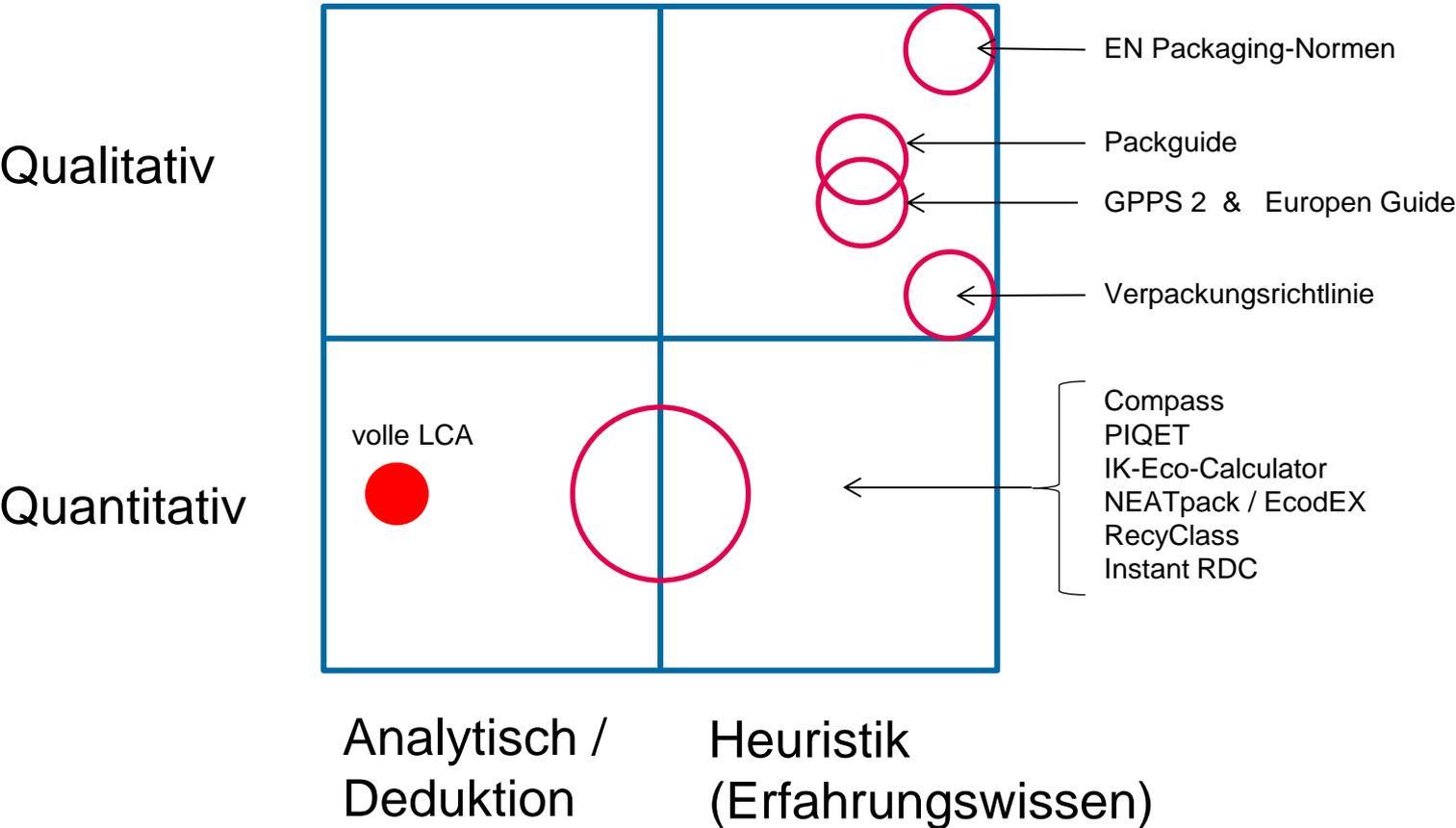
Quintessenz aus der integrierten Bewertung / Berücksichtigte Umweltindikatoren

- Die meisten Tools bieten eine limitierte Auswahl an Umweltindikatoren, die für die Entscheidungsunterstützung im Verpackungssektor besonders relevant sind.
- Die Vorauswahl der Umweltindikatoren ergibt sich aus dem Erfahrungsschatz (Heuristiken) der Toolentwickler.
- Umweltmedienbezogene Indikatoren (z.B. Treibhauspotenzial) sowie verpackungsspezifische Attribute mit Umweltbezug (z.B. Recyclinganteil, Masseverhältnis Verpackung / Produkt) stehen meist im Vordergrund.
- LCA-basierte Tools stützen sich auf anerkannte Methoden der Wirkungsberechnung (z.B. CML, Recipe) bzw. verwenden entsprechende Wirkungskategorien.
- Einige der qualitativen Tools (z.B. European Guide) sind gut geeignet, die Nutzer bei der Interpretation der Ergebnisse quantitativer Tools zu unterstützen.
- Die Beurteilung der Humantoxizität ist keine Stärke der bewerteten Tools; Migrationsaspekte werden nicht detailliert behandelt.

Quintessenz aus der integrierten Bewertung / Hilfestellung bei Zielkonflikten

- Zielkonflikte können v.a. entstehen, wenn Umweltbelastungen verlagert werden
 - Von einem Lebenswegabschnitt in einen anderen
 - Von einem Umweltmedium / -indikator in einen anderen
- Zielkonflikte werden von den meisten untersuchten Tools entweder gar nicht bzw. nur am Rande oder in generischer Form behandelt; eine Unterstützung bei der Ermittlung und Lösung konkreter Zielkonflikte wird nicht angeboten.
- Eine Ausnahme bilden manche LCA-basierte Tools, die zumindest implizit eine quantitative Betrachtung von Zielkonflikten ermöglichen.
 - Abhängig von der individuellen Erfahrung der Nutzer/innen können die LCA-Ergebnisse zur Identifizierung von Zielkonflikten herangezogen werden, eine explizite Warnung oder Hilfestellung zur Lösung von Zielkonflikten existiert jedoch nicht (COMPASS, RDC).
 - Darstellung der Ergebnisse in Spinnennetzen ermöglicht eine visuelle Erkennung von Verschiebungen der Umweltlasten; geschulte Anwender können daraus Rückschlüsse auf Zielkonflikte ableiten (PIQUET, EcodEx).

Quintessenz aus der integrierten Bewertung / Klassifizierung der betrachteten Tools



Überblick

- 1 Definition Ecodesign und Grundzüge des Ecodesign-Prozesses
- 2 Methodische Vorgehensweise für die integrierte Bewertung vorhandener Ecodesign-Tools und -Hilfsmittel
- 3 Ergebnisse der integrierten Bewertung bestehender Ecodesign-Tools
- 4 Erkenntnisse aus den Stakeholderinterviews
- 5 Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ecodesign-Tools und des Ecodesign-Prozesses

Fragenkatalog für die Stakeholderinterviews

- 1) Was macht aus Ihrer Sicht eine **umweltfreundliche Verpackung** aus?
- 2) Welche **Ecodesign-Tools** für Verpackungen kennen sie näher?
- 3) Welche **Erfahrungen** haben Sie ggf. mit diesen Tools gesammelt?
- 4) Welche **Vor- und Nachteile** haben aus Ihrer Sicht die verschiedenen Typen von bestehenden Tools (z.B. Heuristiken, Leitfäden, quantitative Tools)?
- 5) Welche **Funktionalitäten** sollten die Tools für die Designer / Entwickler (aus Verbraucher/innenperspektive) zur Verfügung stellen?
- 6) Was sind typische **Zielkonflikte** innerhalb der ökologischen Kriterien und wie sollten diese in den Tools kenntlich gemacht und behandelt werden?

Fragenkatalog für die Stakeholderinterviews

- 7) Welche **Anforderungen** an Verpackungen **jenseits der ökologischen Kriterien** sind aus Ihrer Sicht besonders relevant?
- 8) Wie können die Tools helfen, ggf. vorhandene **Zielkonflikte** zwischen ökologischen und nicht-ökologischen Anforderungen zu **identifizieren**?
- 9) In welchen Fällen gibt es zwischen ökologischen und nicht-ökologischen Anforderungen möglicherweise auch **Win-Win-Effekte**?
- 10) An welchen Stellen sehen Sie den wichtigsten **Optimierungs- / Entwicklungsbedarf** bei den vorhandenen **Tools**?
- 11) Welche **Unterstützung jenseits von Tools** sollte den Designern / Entwicklern zur Verfügung gestellt werden, um das Ecodesign zu befördern?
- 12) Welche weiteren **Anregungen und Hinweise** möchten Sie uns für das laufende Projekt ggf. mit auf den Weg geben?

Perspektive von Wissenschaft und Forschung (Fraunhofer IVV)

- Wesentliche Ziele des Ecodesigns
 - Vermeidung von Produktverlusten, insbesondere durch Verderb
 - Gute werkstoffliche bzw. energetische Verwertbarkeit der Verpackung
 - (Gesundheitlicher) Verbraucherschutz, da einige Verpackungen an der oberen Grenze des Erlaubten liegen (z.B. PHBV mit 30-40% Weichmacheranteilen)
 - Einsatz biogener Rohstoffe ist grundsätzlich sinnvoll, Funktionalität und Vergleich mit anderen Materialien sowie Herkunft der biogenen Rohstoffe muss jedoch berücksichtigt werden; Nutzung von Abfallstoffen ist zu bevorzugen
 - Bioabbaubarkeit kein universell sinnvoll anwendbares Kriterium; Bewertung ist abhängig von der Frage, wo die Verpackung eingesetzt wird und von den dort vorliegenden Entsorgungsinfrastrukturen

Perspektive von Wissenschaft und Forschung (Fraunhofer IVV)

- Merkmale für praktikable Ecodesign-Tools
 - Funktionalität und Produktschutz als zentrale Kriterien
 - Systemischer Ansatz, der die Anforderungen des Produkts, die Umweltbedingungen und die Verpackung integriert betrachtet
 - Ökologische Bewertung mittels CO₂-Fußabdruck sinnvoll
 - Schadstoffbezogene Fragen können im Rahmen von Tools nicht substantiell bearbeitet werden; Additive können nicht per se bewertet werden, es kommt immer auf die Migrationsneigung in der jeweiligen Verpackungsmatrix an.
 - Nicht-ökologische Aspekte (z.B. Handhabung durch Verbraucher, Layout, Anmutung wie Klang der Verpackung) sollten außerhalb von Tools behandelt werden, um diese nicht zu überfrachten.
 - Vergleiche verschiedener Verpackungsparameter auf Basis eines singulären Parameters sind nicht empfehlenswert, da Verpackungsvarianten in den wenigsten Fällen tatsächlich funktionell äquivalent sind.

Perspektive der Industrie / Lebensmittelsektor (Nestlé)

- Ecodesign für Verpackungen steht bei Nestlé immer im Kontext des Anwendungszwecks: Schutz des verpackten Inhalts (Lebensmittel)
- Die Funktionen moderner Verpackungen stellen eine Grundlage für das Geschäftsmodell im Lebensmittelsektor dar: sie ermöglichen eine hohe Produktqualität und Lebensmittelsicherheit in einem Wirtschaftsbereich mit langen Lieferketten.
- Verpackungen können im Grunde nicht nachhaltig sein, da sie in jedem Fall Ressourcen benötigen und entsorgt werden müssen; beim Ecodesign geht es deshalb vor allem um die Optimierung des Verhältnisses Aufwand (Umweltbelastung) zu Nutzen (Produktschutz); Verpackungen sind ein Teil dieser Betrachtung.
- Die Nachhaltigkeit der Produkte wird anhand der drei Dimensionen Umwelt, Soziales und Wirtschaftlichkeit bewertet; für die Bewertung der Umweltaspekte verwendet Nestlé ein selbst entwickeltes Tool (EcodEx).
- Der Entwicklungsprozess für neue Produkte erfolgt in Form eines Eskalationsprozesses nach dem Stage-Gate-Prinzip; dabei durchläuft ein Entwicklungsprojekt die aufeinanderfolgenden Designstadien mit festgelegten Entscheidungsmomenten, bei denen die Nachhaltigkeitsaspekte jeweils bewertet werden.

Perspektive der Industrie / Lebensmittelsektor (Nestlé)

- EcodEx wird erstmals in der Konzeptphase angewendet und dann im Verlauf des Entwicklungsprozesses wiederholt eingesetzt; dabei werden die LCA-Ergebnisse in einem Notensystem dargestellt (Kennzeichnung von Verbesserung / Verschlechterung); auf Basis dieser Noten werden dann vom Management designrelevante Entscheidungen getroffen.
- Nestlé nutzt die gesammelten Erfahrungen aus der Vielzahl selbst erstellter LCAs und greift auch auf die Ergebnisse relevanter LCA-Untersuchungen Dritter zurück; es werden bisweilen auch experimentelle Untersuchungen (z.B. Sortierversuche mit neuen Verpackungen in Recyclinganlagen) durchgeführt, um die Datenlage für die LCA-Modellierung zu verbessern.
- Das Wissen und die Erfahrungen werden regelmäßig in einem organisierten Prozess an neue Mitarbeiter weitergegeben; dies erfolgt mittels Schulungen und durch ein zweitägiges Training; dabei werden Kompetenzen zum Bedienen von EcodEx aufgebaut, ohne dass hier jeder Einzelne zum LCA-Experten werden muss.
- Essenziell für die effiziente Implementierung von Ecodesign-Tools ist die gut organisierte Einbindung in betriebliche Abläufe und Informationsflüsse.

Perspektive der Industrie / Non-Food-Sektor (Henkel)

- Wesentliche Ziele des Ecodesigns in Anlehnung an „Circular Economy“:
 - Minimierter Verbrauch von Materialien bzw. Rohstoffen,
 - Maximierung des Einsatzes von rezyklierten Materialien für neue Produkte,
 - Optimierung des Design für Recycling für lokale Abfallmanagementsysteme.
- Zentral wichtig für das Ecodesign ist das komplette Verständnis der Wertschöpfungskette inklusive Recycling- und Entsorgungsphase.
- Hauptfunktion ist die Schaffung von Wissen und Bewusstsein für die umweltrelevanten Auswirkungen von Designentscheidungen.

Perspektive der Industrie / Non-Food-Sektor (Henkel)

- Nutzung eines selbstentwickelten, web-basierten LCA Tools („Easy-LCA“):
 - Zugriff auf die Datenbasis von ERP-Systemen (hier: SAP-System);
 - vollständige Integration in den firmeninternen Workflow bei Designprozessen;
 - Anwendung auch im Frühstadium des Designprozesses;
 - intuitive Anwendbarkeit ermöglicht eine Anwendung auch ohne Fachkenntnisse
- Mögliche Zielkonflikte werden mittels ökobilanzieller Tools („Easy-LCA“ oder LCA-Software) ermittelt und im Prozessmanagementtool „Innogate“ dokumentiert. Bei Abweichungen der Umweltaspekte von den Zielen werden Projekte zur Entscheidung an das Management weitergeleitet, welches eine Entscheidung im Kontext einer Gesamtschau auf die Geschäftslage vornimmt.

Perspektive des Verbraucherschutzes (vzbv)

- Ecodesign stellt einen „On-Top“-Ansatz dar, bei dem die Einhaltung von ökologischen „KO-Kriterien“ vorausgesetzt werden muss
 - Keine Migration von Schadstoffen ins Produkt (humantoxikologischer, und damit im weitesten Sinne ökologischer Aspekt)
 - Ressourceneffizienz und Verzicht auf unnötige Verpackungen, Doppelverpackungen (z.B. Folie über einer Papierverpackung) und verhältnismäßig zu große Verpackungen („Mogelpackung“)
- Aus Verbrauchersicht stellen neben ökologischen auch nicht-ökologische Aspekte wichtige „KO-Kriterien“ dar
 - Einfache Handhabung der Verpackung
 - Sichere Handhabung (keine Verletzungsgefahr)
 - Produktschutz, auch in Form von längerer Haltbarkeit bei den Verbraucher/innen

Perspektive des Verbraucherschutzes (vzbv)

- Bioabbaubarkeit von Kunststoffen wird grundsätzlich als interessanter Ansatz für umweltfreundliche Verpackungen erachtet
- Ecodesign-Tools müssen grundsätzlich die folgenden beiden Funktionalitäten bereitstellen
 - Behandlung von Migrationsfragestellungen: Welche Substanzen können in welchen Verpackungsmaterialien zu Migration führen?
 - Adressieren von Ecodesign-Aspekten im engeren Sinne: v.a. Energieintensität, Beschränktheit der Ressourcen, Recyclingfähigkeit
- Diese beiden Funktionalitäten können am besten in zwei separaten Tools abgedeckt werden
- Die Verantwortung für das Ecodesign liegt bei der Industrie, sowohl in Hinblick auf Auswahl der Verpackungsmaterialien als auch bezüglich der Gestaltung der Verpackungen

Quintessenz aus den Stakeholderinterviews

- Ecodesign erfordert einen Systemansatz, der die Anforderungen des Produktes und damit den Produktschutz in den Mittelpunkt stellt
- Die Einhaltung von Mindestkriterien muss aus Gründen der Glaubwürdigkeit des Ecodesign-Ansatzes unbedingt sichergestellt sein, insbesondere:
 - Minimierung der Migration von Schadstoffen ins Verpackungsgut
 - Einfache und sichere Handhabung der Verpackung
- Große Industrieunternehmen setzen bereits z.T. sehr ausgereifte Ecodesign-Tools ein
 - Einbindung in ERP (Ressourcenplanungs)-Systeme
 - Ergänzung durch ökobilanzielle Analysen zu speziellen Fragestellungen mit separaten Tools
- Ecodesign-Heuristiken können wertvolle Hilfsmittel für „Einsteiger“ sein (Neulinge im Ecodesign-Prozess großer Unternehmen sowie KMU)
- Anstelle eines überfrachteten „Supertools“ sind mehrere praktikable Einzeltools mit genau definierten Systemgrenzen und Funktionalitäten zu bevorzugen

Überblick

- 1 Definition Ecodesign und Grundzüge des Ecodesign-Prozesses
- 2 Methodische Vorgehensweise für die integrierte Bewertung vorhandener Ecodesign-Tools und -Hilfsmittel
- 3 Ergebnisse der integrierten Bewertung
- 4 Erkenntnisse aus den Stakeholderinterviews
- 5 Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Ecodesign-Tools und des Ecodesign-Prozesses

Empfehlungen zur Weiterentwicklung vorhandener bzw. Entwicklung neuer Ecodesign-Tools

- Präzisierung des Begriffes „Ecodesign“ in Anlehnung an die Norm DIN EN ISO 14006:2011: „Umweltverträgliche Produktgestaltung“ (integration of environmental aspects into product design and development, with the aim of reducing adverse environmental impacts throughout a product’s life cycle)
- Eine branchenspezifische Interpretation des Begriffes „Ecodesign“ für den Verpackungssektor wäre sinnvoll, einschließlich einer möglichen Integration in bestehende Normen (z.B. EN 13193)
- Klarere Benennung des Betrachtungsrahmens der Tools: bessere Information, zu welchen Designaspekten (z.B. Umweltaspekte, Ressourcenschutz, Recycling, Konsumentenschutz) das Tool jeweils Hilfestellung bietet
- Der Funktionsumfang des jeweiligen Tools sollte deutlicher deklariert werden (z.B. besteht eine explizite Berücksichtigung des Produktschutzes?)
- Klarere Kennzeichnung und Thematisierung vorhandener Zielkonflikte bei der Umsetzung der durch das jeweilige Tool vorgeschlagenen Optimierungsansätze

Empfehlungen zur Weiterentwicklung vorhandener bzw. Entwicklung neuer Ecodesign-Tools

- Bessere Kommunikation zum Thema Migration von Schadstoffen einschließlich der Ergebnisse aus der Nutzung vorhandener Tools
 - Minimierungsgebot der Migration (Sicherheitsmarge zu Grenzwerten)
 - Aufzeigen, bei welchen Kombinationen aus Substanzen und Verpackungsmaterialien eine Migration stattfinden kann
- Bereitstellung eines einfach nutzbaren Kommunikationshilfsmittels (z.B. Website oder Smartphone App) zur Unterstützung der Nutzer beim Erkennen der wichtigsten Handlungsoptionen im Ecodesign sowie der typischen Konsequenzen jeweiliger Designentscheidungen (trade-offs)
 - Überblick über die verschiedenen relevanten Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Ecodesign von Kunststoffverpackungen
 - Ggf. Empfehlung der für die jeweilige Fragestellung besonders geeigneten Tools

Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Ecodesign-Prozesses

- Unterscheidung nach den Bedürfnissen unterschiedlicher Zielgruppen
 - Großunternehmen: methodischer Rahmen aufgrund der alltäglichen Auseinandersetzung mit ökobilanziellen Fragestellungen vorhanden
 - KMU: haben kaum die Expertise und / oder Kapazitäten für ein gutes Verpackungsdesign
- Bei Großunternehmen sollte die strategische Verortung des Ecodesigns im Mittelpunkt stehen
 - Integration in Stage-Gate-Prozessen
 - Nagelprobe: Führt das Ecodesign tatsächlich zu umweltfreundlicheren Verpackungen für den Massenmarkt?
- Bei KMU müssen oftmals durch die Bereitstellung von praxisnahen Heuristiken und branchenbezogenen Best-Practice-Beispielen die Grundlagen eines Ecodesign-Prozesses erst noch aufgebaut werden
- Ecodesign lebt nicht nur von einer quantitativen Punktbewertung unterschiedlicher Verpackungsvarianten durch Tools, sondern v.a. durch eine transparente Einbettung ökologischer Aspekte in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess

Zusammenfassung der zentralen Botschaften der Studie

- Die betrachteten Tools sind **prinzipiell nützliche Hilfsmittel** für den Ecodesign-Prozess bei Kunststoffverpackungen.
- Um die ökologische Richtungssicherheit der gewonnenen Empfehlungen zu gewährleisten, sollte sich im Falle von Kunststoffverpackungen die Betrachtung zusätzlich stets auf das **Gesamtsystem aus Verpackung und verpacktem Produkt** beziehen.
- Durch eine solche systemische Sichtweise können mögliche **Zielkonflikte** zwischen ökologischen Anforderungen an die Verpackung sowie den Produktschutz in geeigneter Weise berücksichtigt und analysiert werden.
- Vor diesem Hintergrund sollte bei den vorhandenen Tools die **Definition des Begriffes „Ecodesign“** sowie der jeweilige **Betrachtungsrahmen** präzisiert werden:
 - Einbezug des verpackten Produktes sowie Verbraucherschutzbezogener Aspekte in die Systemgrenze;
 - Einbindung des Ecodesigns in die betriebliche Organisation / Managementprozesse des Unternehmens;
 - Herausstellung der iterativen Vorgehensweise (kontinuierliche Verbesserung).
- Bei **kleinen und mittelständigen Unternehmen** besteht besonderer Unterstützungsbedarf hinsichtlich der Verbesserung des Ecodesign-Prozesses, z.B. durch praxisnahe Heuristiken und branchenbezogenen Best-Practice-Beispiele.

Literaturverzeichnis

- Baumann, H., Boons, F., & Bragd, A. (2002). Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 10(5), 409-425.
- Bhamra, T.: The Role of Innovation in the Move Towards Sustainable Design of Packaging. IDS Packaging - White Paper
- Brezet, H. 1997. Dynamics in ecodesign practice”, *Industry and environment*, 20(1-2): 21-4.
- Byggeth, S., & Hochschorner, E. (2006). Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production*, 14(15), 1420-1430.
- Colwill J., S. Rahimifard, A. Clegg (2011): Eco-design tool to support the use of renewable polymers within packaging applications. *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing 2011*, pp 160-165 DOI: 10.1007/978-3-642-19692-8_28
- Crul M. & Diehl J.C. Design for Sustainability (D4S) Manual, UNEP, TU Delft
- Detzel, A., B. Kauertz, C. Derreza-Greeven (2012): Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Umweltbundesamt Texte 52/2012
- ECR Europe, EUROPEN (2009), Packaging in the Sustainability Agenda: A Guide for Corporate Decision Makers. ECR Europe and the European Organization for Packaging and the Environment, Brussels, Belgium.
- Ehrig, R.J. (Ed.) *Plastics Recycling. Products and Processes*. Hanser Publishers
- EN/ISO 14006 (2011): Environmental management systems - Guidelines for incorporating ecodesign (ISO 14006:2011)
- European Commission (2003) COM/2003/0302 Integrated Product Policy - Building on Environmental Life-Cycle Thinking.
- European Commission (2012) Ecodesign Your Future. How Ecodesign can help the environment by making products smarter.
- Europäische Parlament & Rat der Europäischen Union (2009): Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG
- Fiksel, J. (2009) *Design for Environment*, 2. Edition, McGraw-Hill Education
- Fitzgerald, Daniel P., Jeffrey W. Herrmann and Linda C. Schmidt (2010): A Conceptual Design Tool for Resolving Conflicts Between Product Functionality and Environmental Impact. *J. Mech. Des.* 132(9), doi:10.1115/1.4002144
- Han, J. H., PepsiCo, Inc., USA, D. S. Lee, Kyungnam University, South Korea, S. C. Min, Seoul Women’s University, South Korea and M. S. Chung, Ewha Womans University, South Korea (2012). Eco-Design of food and beverage packaging. *Emerging Food Technologies*. 2012.
- ISO 14050 (2009) Environmental management -- Vocabulary
- ISO/TR 14062 (2002) Environmental management — Integrating environmental aspects into product design and development.
- Knight, P., & Jenkins, J. O. (2009). Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of cleaner production*, 17(5), 549-558.

Literaturverzeichnis

- Lee, D. S., K. L. Yam, D. Lee, K. Yam (2012): Emerging Food Packaging Technologies. Chapter 20. Smarter packaging for consumer food waste reduction.
- Luttrupp, C., & Lagerstedt, J. (2006). EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 14(15), 1396-1408.
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging. Roles, materials, and environmental issues. *Journal of food science*, 72(3), R39-R55.
- McClowry, A. (2012): Australian Food and Grocery Council Sustainable Packaging Toolkit. Australian Packaging Covenant.
- Meursing, M. (2015): Sustainability Inspired Materials Selection App for Designers. Master thesis. TU Delft
- Oberbach, K., Meyer, B. *Kunststoff Taschenbuch*. Saechtling (Hrsg.) Hanser Verlag
- Schenker, U., Espinoza-Orias, N., & Popovic, D. EcodEX: A simplified ecodesign tool to improve the environmental performance of product development in the food industry.
- Svanes, E., Vold, M., Møller, H., Pettersen, M. K., Larsen, H., & Hanssen, O. J. (2010). Sustainable packaging design: a holistic methodology for packaging design. *Packaging Technology and Science*, 23(3), 161-175.
- Tamani, N., Mosse, P., Croitoru, M., Buche, P., Guillard, V., Guillaume, C., & Gontard, N. (2015). An argumentation system for eco-efficient packaging material selection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, 174-192.
- Vallet, F., Eynard, B., Millet, D., Mahut, S. G., Tyl, B., & Bertoluci, G. (2013). Using eco-design tools: An overview of experts' practices. *Design Studies*, 34(3), 345-377.
- van Sluisveld, M. A., & Worrell, E. (2013). The paradox of packaging optimization – a characterization of packaging source reduction in the Netherlands. *Resources, Conservation and Recycling*, 73, 133-142.
- Verghese, K. L., Horne, R., & Carre, A. (2010). PIQET: the design and development of an online 'streamlined' LCA tool for sustainable packaging design decision support. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(6), 608-620.
- Wever, R. (2006). Influence of packaging design on littering behavior. In *Proceedings of the 15th IAPRI World Conference on Packaging*, Tokyo, Japan, October 4-5, 2006. International Association of Packaging Research Institutes.
- Wever, R. (2009). *Thinking-about-the-Box; a holistic approach to sustainable design engineering of packaging for durable goods*. Dissertation, TU Delft
- Wilts, C. H., Gries, N. V., Rademacher, B., & Peters, Y. (2015). *Einsparpotenziale beim Kunststoffeinsatz durch Industrie, Handel und Haushalte in Deutschland*.
- Yudovich, E.L. (2010): *Qualitative Versus Quantitative Data Tools For Sustainable Package Design at Eastman Kodak Company*, Thesis, Rochester Institute of Technology