

**Abschlussbericht**

**Hochschule für Gestaltung**  
Schwäbisch Gmünd

**Nachhaltige  
Raumausstattung  
am Beispiel  
Schulmöbel**





# Nachhaltige Raumausstattung am Beispiel Schulmöbel

Ein Projekt der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd, gefördert  
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Kennzeichen  
AZ 34326/01

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

Projektleitung:	Prof. Matthias Held Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd
Wissenschaftliche Mitarbeit:	Stefanie Schneider, Jörg Saur Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd
Projektbeginn:	01.04.2018
Projektende:	31.12.2020
Laufzeit:	33 Monate
Kooperationspartner:	Hohenloher Spezialmöbelwerk Schaffitzel GmbH + Co. KG Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH Stadtverwaltung Ludwigsburg Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Zentrum für Medienbildung

**HOHENLOHER**



LUDWIGSBURG

 **Wuppertal  
Institut**

**PH Schwäbisch Gmünd**  
University of Education 





# Zusammenfassung

Schulmobiliar kann in Abhängigkeit der eingesetzten Materialien zu Schadstoffbelastungen der Luft im Klassenraum führen. Auch berücksichtigen die am Markt erhältlichen Schulmöbel und Ausstattungsgegenstände nicht immer ausreichend ökologische Nachhaltigkeitsprinzipien wie geschlossene Materialkreisläufe und lebenszyklusweite Optimierung von Umweltwirkungen. Darüber hinaus haben sich die Anforderungen an moderne Schulräume infolge der zunehmenden Relevanz neuer Lehr- und Lernformen, der Digitalisierung, der Zunahme an Ganztagschulen und der vermehrt praktizierten Inklusion körperlich oder kognitiv eingeschränkter Kinder gewandelt. Am Markt gibt es zwar einzelne Produkte, die zu unterschiedlichen Teilen Lösungen in den genannten Problemlagen realisieren und die mitunter auch entsprechend zertifiziert sind, z.B. durch den Blauen Engel, jedoch deckt das Angebot bei Weitem nicht alle Produkt- und Aufgabenbereiche ab. Ein Ziel des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens war deshalb die exemplarische Gestaltung innovativer Schulmöbel, die sich an den Prinzipien ökologischer Nachhaltigkeit, gesundheitlicher Unbedenklichkeit sowie an neuen Lehr- und Lernformen orientiert. Damit sollte für die drei Problemlagen eine integrierte Lösung erarbeitet werden.

Nachhaltige Angebote können nur dann Wirkung entfalten, wenn sie von den Verbrauchern als solche nicht nur erkannt, sondern auch tatsächlich bevorzugt gekauft werden. Die öffentliche Hand spielt als Auftraggeber bei Schulmöbeln eine entscheidende Rolle. Das zweite Ziel des Forschungsprojektes war es daher, die durch die Novellierung der EU-Richtlinien ermöglichten Spielräume bei der öffentlichen Vergabe zu nutzen, um Nachhaltigkeitskriterien im Rahmen von Ausschreibungen stärkeres Gewicht zu verleihen. Zu diesem Zweck wurde ein Leitfaden speziell für die Bedürfnisse des Beschaffungswesens entwickelt. Ein Ratgeber für Hersteller und Nutzer, wie gesundheitliche und ökologische Aspekte erfolgreich bei der Wahl von (Schul-)Mobiliar berücksichtigt werden können, existierte bislang nicht. Entsprechend verfügen beide Seiten über keine ausreichende Kenntnis der o.g. Kriterien für die Entwicklung von Mobiliar einerseits und für qualitative Faktoren beim Einkauf andererseits. Der Ratgeber wird nach Ablauf des Projektes in Kooperation mit der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg als Teil der Reihe „Nachhaltig handeln!“ publiziert, wodurch die Projektziele in dieser Hinsicht übertroffen werden.

Im Projekt wurden Kriterien für Gestaltung von Schulmöbeln deren Konzeption, Herstellung und Nutzung definiert, die in der Anwendung dabei helfen sollen, negative Auswirkungen auf die Gesundheit und auf die Umwelt zu vermeiden. Diese wurden exemplarisch bei der Gestaltung einer Möbelkollektion umgesetzt. Materialauswahl, Oberflächenbehandlung, Konstruktion und Gestaltung wurden an Nachhaltigkeitsprinzipien wie Langlebigkeit, Reparierbarkeit, Recyclingbarkeit orientiert. Dies erfolgte in Kooperation mit den Hohenloher Spezialmöbelwerken und mit dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, einem externen Forschungsinstitut zur Bewertung der Nachhaltigkeitsaspekte. Ein wichtiger Projektpartner war ferner die Stadt Ludwigsburg als potenzieller Nutzer und Kunde. So konnte die nutzergerechte Gestaltung der Ergebnisse gewährleistet werden.

Der Innovationsgehalt des Projektes besteht insbesondere in der Verschränkung der ökologischen, gesundheitlichen und didaktischen Anforderungen in einer integrierten Lösung für Schulmöbel. Die Firma Hohenloher hat die Möbelkollektion in Form von Prototypen bereits realisiert. Sie wird diese auf der Bildungsmesse didacta 2021 in Stuttgart vorstellen und die Chancen für die Serienfertigung ausloten.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Anlass und Zielsetzung des Projekts .....</b>	<b>8</b>
1.1	Öffentliche Beschaffung nachhaltigen Schulmobiliars.....	9
1.2	Gesundheitliche Unbedenklichkeit von Schulmobiliar.....	10
1.3	Gestaltung von Möbeln für neue Lehr- und Lernkonzepte .....	11
<b>2.</b>	<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden.....</b>	<b>12</b>
2.1	Entwicklung Leitfaden.....	13
2.1.1	Erarbeitung der Nutzeranforderungen .....	13
2.1.2	Untersuchung vorhandener Informationsangebote und Orientierungshilfen.....	13
2.1.3	Erarbeitung einer Erklärung zu Mindest- und Zuschlagskriterien .....	13
2.1.4	Analyse Schulbau der Zukunft .....	14
2.1.5	Auswahl der Kriterien für Nachhaltigkeit bei Schulmöbeln .....	14
2.2	Entwicklung Raumausstattung.....	15
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>16</b>
3.1	Entwicklung eines Leitfadens für die Beschaffung nachhaltigen Schulmobiliars.....	17
3.1.1	Analyse von Informationsangeboten.....	17
3.1.1.1	Materialdatenbanken .....	17
3.1.1.2	Internetplattformen .....	17
3.1.1.3	Leitfäden Handlungshilfen, Broschüren und Wegweiser .....	18
3.1.1.4	Siegel, Zertifikate, Umweltzeichen .....	21
3.1.2	Analyse des Beschaffungsprozesses in Kommunen .....	23
3.1.2.1	Satus quo Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien .....	23
3.1.2.2	Ansatzpunkte für mehr Nachhaltigkeit .....	24
3.2	Beispielhafte Gestaltung nachhaltiger Schulmöbel.....	27
3.2.1	Exemplarische Gestaltung von Möbeln zur Nutzungsverdichtung in Schulfluren .....	27
3.2.2	Möbelkollektion für Flurmöblierung .....	34
3.2.3	Kombinationsmöglichkeiten für verschiedene Einsatzzwecke.....	38
3.2.4	Überprüfung der ökologischen Nachhaltigkeit der Möbelkollektion .....	40
3.2.5	Herstellung von Prototypen .....	40
3.3	Studienprojekt ECO DESIGN.....	44
<b>4.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>48</b>
4.1	Leitfaden für die öffentliche Beschaffung nachhaltiger Raumausstattung für Schulen.....	49
4.2	Nachhaltiges Schulmobiliar zur Nutzungsverdichtung in Schulfluren .....	50
<b>5.</b>	<b>Öffentlichkeitsarbeit.....</b>	<b>51</b>
<b>6.</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>52</b>
	<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>54</b>
	Abbildungsverzeichnis .....	55
	Literaturangaben .....	56
	<b>Anhang .....</b>	<b>58</b>
	Kurzbericht: Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung.....	59
	Stellungnahme: Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung .....	68

# **1. Anlass und Zielsetzung des Projekts**

- 1.1 Öffentliche Beschaffung nachhaltigen Schulmobiliars**
- 1.2 Gesundheitliche Unbedenklichkeit von Schulmobiliar**
- 1.3 Gestaltung von Möbeln für neue Lehr- und Lernkonzepte**

In den vergangenen fünf Jahren haben internationale und europäische Institutionen die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die Beschaffung nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen entschieden verbessert. Die 2015 von der Generalversammlung der Vereinten Nationen verabschiedete Agenda 2030 zur nachhaltigen Entwicklung benennt explizit die Förderung von nachhaltigen Verfahren in der öffentlichen Beschaffung als ein Ziel, um nachhaltige Konsum- und die Produktionsmuster sicherzustellen.<sup>1</sup> Im Jahr 2014 verabschiedeten Rat und Parlament EU drei Richtlinien, die in Deutschland ab 2016 durch Gesetzesänderungen und Rechtsverordnungen in nationales Recht umgesetzt wurden. Sie ermöglichen den Verwaltungen der öffentlichen Hand, sowohl bei Leistungsbeschreibungen als auch bei der Ermittlung des Angebots qualitative, umweltbezogene oder soziale Aspekte zu berücksichtigen.<sup>2</sup>

Der öffentliche Sektor kann für die Entwicklung nachhaltiger Güter einen maßgeblichen Nachfragesog erzeugen. Da nachhaltige Materialien und Produktmerkmale mitunter zu höheren Kosten führen, scheuen sich Hersteller in einem preissensitiven Umfeld diese von sich aus in die Produkte einfließen zu lassen. Hier könnte die Forderung von Kriterien der Nachhaltigkeit in Ausschreibungen den entscheidenden Market Pull erzeugen. Besonders für den Markt der Schulausstattungen ist die öffentliche Beschaffung von elementarer Bedeutung. In Deutschland befinden sich über 90% der Schulen in öffentlicher Trägerschaft. Im Schuljahr 2018/19 haben 9,8 Mio. von insgesamt 10,8 Mio. Schülerinnen und Schülern eine staatliche Schule besucht.<sup>3</sup>

Die Auftragsvergabe der öffentlichen Hand muss diskriminierungsfrei, transparent und wettbewerbsneutral erfolgen. Für die Verankerung von Nachhaltigkeitskriterien im Beschaffungsprozess bedeutet dies, dass ökologisch vorteilhafte Kriterien wie beispielsweise eine Herkunft aus der Region kein Vergabekriterium sein dürfen, da es Anbieter aus anderen europäischen Ländern benachteiligen würde. Hierzu müssen von den Kommunen eigene Verfahrensweisen entwickelt werden und messbare und belegbare Kriterien in den Ausschreibungsprozess und Ermittlungsprozesse einfließen. Spezifische Leitfäden haben sich dabei als zweckmäßig erwiesen. Ein spezifischer Leitfaden für die Beschaffung nachhaltigen Schulmobiliars existierte bisher jedoch nicht und wurde im Projekt entwickelt.

Die Stadt Ludwigsburg kann als Musterbeispiel für die Einführung einer weitreichenden Nachhaltigkeitsstrategie für die öffentliche Beschaffung herangezogen werden. Im Jahr 2018 hat die Stadt als erste Kommune in Deutschland die nachhaltige Beschaffung auf Basis der Cradle to Cradle® Prinzipien eingeführt. Im Rahmen eines verwaltungsinternen Projekts wurde dort eine Dienstanweisung erarbeitet, die seit Anfang 2019 sowohl für alle Lieferungen und Leistungen als auch für Bauleistungen gilt. Ferner wurde für die Begleitung der weiteren Umsetzung eine zentrale Koordinations- und Kompetenzstelle eingerichtet. Aufgrund dieser Vorarbeiten wurde mit der Stadt Ludwigsburg im Rahmen des Projektes kooperiert.

Schüler und Lehrer verbringen den überwiegend Teil Ihrer Schulzeit innerhalb des Schulgebäudes. Die Inneneinrichtung und die verwendeten Materialien im Raum bewirken Emissionen, die auf die Menschen einwirken. In exemplarischen Untersuchungen wurde die Schadstoffkonzentration in Schulräumen mit durch das Zufallsprinzip auf dem Markt erhältlicher Raumausstattung und Mobiliar ermittelt.<sup>4</sup> In Luftmessungen kurz nach der Einrichtung der Räume haben sich deutlich erhöhte Schadstoffkonzentrationen gezeigt, die sich negativ auf die Gesundheit und auf die Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit der Menschen, die sich dort befinden, auswirken können. Befunde zur Emission von Schadstoffen durch Möbel finden sich in auch in anderen Studien.<sup>5,6</sup>

Um belastende Emissionen möglichst gering zu halten, ist bei der Auswahl der Raumausstattung auf die eingesetzten Materialien sowie die Methode der Oberflächenbearbeitung zu achten. Eine Orientierung bieten Siegel wie Blauer Engel oder Goldenes-M, die sich im Bezug auf Nachhaltigkeit größtenteils mit Grenzwerten und Vorgaben für Innenraumemissionen und Materialbeschaffenheit befassen. Laut Vergaberecht dürfen Siegel nicht direkt gefordert werden. Der Auftraggeber kann jedoch Umwelteigenschaften in Form von Leistungs- und Funktionsanforderungen vorschreiben, indem er diejenigen Spezifikationen oder Teile davon verwendet, die in europäischen, multinationalen oder anderen Gütezeichen definiert sind, die also analog zu den Siegelkriterien sind. Der Nachweis kann dann durch die Vorlage des in der Ausschreibung genannten Siegels oder durch einen gleichwertigen Nachweis erfolgen. Die Gleichwertigkeit des Nachweises muss der Bieter nachweisen.

Neben der Zertifizierung von einzelnen Produkten gibt es die Möglichkeit, gesamte Unternehmen, deren Verarbeitungsverfahren und Produktionsabläufe zertifizieren zu lassen. Beispielhaft ist das Siegel für geprüftes Umweltmanagement der EMAS. Siegel und Zertifizierungen werden jedoch nach unterschiedlich strengen Kriterien vergeben und beinhalten verschiedene Parameter. Die Transparenz der Vergabekriterien ist bisweilen unzureichend oder die erforderlichen Kriterien sind zu gering angesetzt. Nicht selten handelt es sich dabei um firmeneigene Siegel, welche keinerlei gesetzlichen Vorgaben unterliegen. Deshalb wurden im Forschungsprojekt die am Markt gängigen Siegel zunächst auf inhaltliche Qualität, fachliche Unabhängigkeit und Strenge der Kriterien hin analysiert, um nur unabhängige und aussagekräftige Siegel zur Orientierung in den Leitfaden aufzunehmen.

Die Veränderung in unserer Gesellschaft zeigt große Auswirkungen auf die Bildungslandschaft. Ganztagschulen werden vom Ausnahmefall zur Regel. Auch die Lehr- und Lernkonzepte müssen an gesellschaftliche und technologische Entwicklungen wie den zunehmenden Bedarf an Ganztagsbetreuung oder den digitalen Wandel angepasst werden. Um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden, sind die passenden räumlichen Gegebenheiten eine wichtige Voraussetzung. Dabei spielt die Raumausstattung eine essentielle Rolle, insbesondere beim Bauen im Bestand. Dabei können die Anforderungen nur bedingt durch grundlegende bauliche Veränderungen erfüllt werden. Intelligent gestaltete Möbelsysteme können jedoch helfen, Probleme in der Architektur zu kompensieren. Hier seien exemplarisch Funktionen als Raumteiler, als Sichtschutz oder als akustisches Dämmelement genannt.

## 2.

### **2.1 Entwicklung Leitfaden**

2.1.1 Erarbeitung der Nutzeranforderungen

2.1.2 Untersuchung vorhandener Informationsangebote  
und Orientierungshilfen

2.1.3 Erarbeitung einer Erklärung zu Mindest- und  
Zuschlagskriterien

2.1.4 Analyse Schulbau der Zukunft

2.1.5 Auswahl der Kriterien für Nachhaltigkeit bei Schulmöbeln

### **2.2 Entwicklung Raumausstattung**

## 2.1 Entwicklung Leitfadens

### 2.1.1 Erarbeitung der Nutzeranforderungen

Es gibt ca. 11.100 Kommunen in Deutschland, davon befinden sich 1.101 Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg, die zwischen 96 und 630.000 Einwohner haben.<sup>7</sup> Hieraus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen und Aufgaben für die öffentliche Beschaffung. Zur Gewinnung von User-Insights und zur Bestimmung von Stakeholdern und deren Nutzungsanforderungen an einen Leitfadens wurden Gespräche mit den an der Beschaffung beteiligten Personen verschiedener Abteilungen in vier Kommunen in Baden-Württemberg mit unterschiedlicher Größe geführt:

- Stuttgart, 635 000 Einwohner, 165 Schulen
- Ludwigsburg (Projektpartner), 94 000 Einwohner, 30 Schulen
- Tübingen, 88 000 Einwohner, 30 Schulen
- Schwäbisch Gmünd, 61 000 Einwohner, 30 Schulen

### 2.1.2 Untersuchung vorhandener Informationsangebote und Orientierungshilfen

Die bereits für den Projektantrag erfolgte Recherche zu Informationsangeboten, die für beschaffende Stellen verfügbar sind (Internetportale, Leitfäden, Materialdatenbanken), wurde vertieft. Ferner wurde bei den o. g. genannten Kommunen angefragt, ob und ggf. welche dieser Angebote sie bereits nutzen und was daran verbessert werden sollte. Ziele waren hierbei die Identifikation von für Nutzer des zu entwickelnden Leitfadens hilfreichen und weiterführenden Inhalten sowie die Vermeidung von Redundanzen.

Ferner wurde die Erhebung der für das Segment der Möbel und Schulausstattungen am deutschen Markt vergebenen und eingesetzten Siegel und Zertifikate komplettiert, die Kriterien für Nachhaltigkeit enthalten. Es wurde dann in Interviews bei den o. g. Kommunen überprüft, inwieweit diese bekannt sind und in Ausschreibungen direkt oder indirekt in Form äquivalenter Kriterien gefordert werden.

### 2.1.3 Erarbeitung einer Erklärung zu Mindest- und Zuschlagskriterien

Bei Ausschreibungen sind unterschiedliche Kriterien zu differenzieren: Mindestkriterien sind auf jeden Fall vom Anbieter zu erfüllen.

Zuschlagskriterien werden zur Bewertung der Angebote genutzt.

Mit Eignungskriterien können umweltbezogene und soziale Anforderungen verlangt werden, wenn diese mit dem Auftragsgegenstand in Verbindung und in einem angemessenen Verhältnis stehen. Bei der Beschaffung von Schulmöbeln ist beispielsweise die grundsätzliche Anforderung eines Umweltmanagementsystems oder einer EMAS Zertifizierung rechtlich nicht möglich.

Mit einer Erklärung zu Mindest- und Zuschlagskriterien hat die beschaffende Stelle die Möglichkeit, relevante Informationen zur Erfüllung der Nachhaltigkeitskriterien aus der Leistungsbeschreibung systematisch abzufragen. Für den Leitfadens sollten die Voraussetzungen dafür untersucht und eine entsprechende Anleitung zur Erarbeitung und Nutzung einer solchen Erklärung entwickelt werden.

#### **2.1.4 Analyse Schulbau der Zukunft**

Um aktuelle Entwicklungen im Schulbau besser einschätzen und im Projekt berücksichtigen zu können, wurden Vor-Ort-Begehungen in als fortschrittlich angesehenen Schulen durchgeführt, darunter die Alemannenschule Wutöschingen und das Franziskus-Gymnasium Mutlangen. In Gesprächen mit den Schulleitungen, Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern konnten Probleme und Wünsche bezüglich der Ausstattung eruiert sowie Erkenntnisse zu bereits vor Ort entwickelten Lösungen gesammelt werden.

Ferner wurden Tiefeninterviews mit dem Schulbau-Experten Dr. Otto Seydel vom Institut für Schulentwicklung Überlingen und mit Prof. Dr. Thomas Irion vom Zentrum für Medienbildung der PH Schwäbisch Gmünd geführt. Hier werden im FluxLab neue digitale Lernformen entwickelt und untersucht. Ergänzend wurden Studien herangezogen.<sup>8-12</sup>

#### **2.1.5 Auswahl der Kriterien für Nachhaltigkeit bei Schulmöbeln**

Zur Definition der bei der Produktauswahl von Schulmöblierung relevanten Nachhaltigkeitskriterien wurden diese zunächst in einer umfassenden Übersicht zusammengestellt und mit dem Stand der Forschung abgeglichen. Die so generierten 39 Kriterien wurden in 16 Kategorien gebündelt und dem Projektpartner Wuppertal Institut mit dem Auftrag der Bewertung und Gewichtung übergeben (vgl. Kurzbericht im Anhang). Danach folgte die Auswahl der wichtigsten sechs Kriterien für den Leitfaden, um einerseits einen möglichst großen Umweltnutzen zu erreichen, andererseits durch diese Begrenzung das Bearbeiten der Kriterien für die beschaffenden Stellen noch effizient zu halten.

Auf Basis dieser Ergebnisse wurde das inhaltliche Konzept des Leitfadens für die öffentliche Beschaffung entwickelt. Dieses wurde dann in einen auch grafisch durchgestalteten Vorentwurf umgesetzt und mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der mit der Beschaffung befassten Stellen der Stadt Ludwigsburg auf Vollständigkeit, Verständlichkeit und praktischen Nutzen hin überprüft. Die Ergebnisse flossen in die finale Festlegung, Detaillierung und Gestaltung des Leitfadens ein. Dieser wurde dann zunächst von den Expertinnen und Experten der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg in drei Korrekturphasen und schließlich final vom Umweltministerium Baden-Württemberg überprüft und etwaige Verbesserungsvorschläge wurden eingearbeitet.

## 2.2 Entwicklung Raumausstattung

Ab März 2019 erfolgte die Konzeptphase für die exemplarische Gestaltung ausgewählter Raumausstattung unter Berücksichtigung der bereits für den Leitfaden erarbeiteten Ergebnisse. Die Festlegung des Gestaltungsgegenstandes und das Briefing sowie die Machbarkeitsprüfung gemeinsam mit dem Kooperationspartner Hohenloher waren Bestandteil des Gestaltungsprozesses. Dazu wurden zunächst verschiedene Entwurfsvarianten generiert. Diese wurden gemeinsam mit Vertretern des Marketing und der Produktion beim Projektpartner nach den Gesichtspunkten Nachhaltigkeit, technische Herstellbarkeit, Kosten, Marktpotenzial und Innovationshöhe bewertet. Im Anschluss erfolgten die Ausarbeitung der favorisierten Entwürfe und die Detaillierung der Gestaltung.

Dem Wuppertal Institut wurden die Entwürfe zur Beurteilung nach Nachhaltigkeitskriterien vorgelegt. Das Wuppertal Institut fertigte im September 2019 eine Stellungnahme dazu an. Die Erkenntnisse daraus wurden in Abstimmung mit dem Hersteller Hohenloher geprüft und wo möglich bei der finalen Produktentwicklung berücksichtigt. Die Entwürfe wurden abschließend nochmals den Planerinnen und Planern und den an der Beschaffung von Schulmöbeln beteiligten Personen der Stadt Ludwigsburg in einer Präsentation vorgestellt und diskutiert. Änderungswünsche im Detail wurden in der letzten Phase der Ausgestaltung berücksichtigt.

Die CAD-Daten der Entwürfe und alle erforderlichen Unterlagen für die Umsetzung wurden zum im Zeitplan vorgesehenen Termin an den Kooperationspartner Hohenloher zur weiteren Bearbeitung übergeben. Detailplanung, Prototypenbau und Fertigungsplanung sollten bis Februar 2020 erfolgen, um die Kollektion auf der damals noch geplanten und später um ein Jahr verschobenen didacta im März 2020 vorstellen zu können.

# 3. Ergebnisse

## 3.1 Entwicklung eines Leitfadens für die Beschaffung nachhaltigen Schulmobiliars

- 3.1.1 Analyse von Informationsangeboten
  - 3.1.1.1 Materialdatenbanken
  - 3.1.1.2 Internetplattformen
  - 3.1.1.3 Leitfäden Handlungshilfen, Broschüren und Wegweiser
  - 3.1.1.4 Siegel, Zertifikate, Umweltzeichen
- 3.1.2 Analyse des Beschaffungsprozesses in Kommunen
  - 3.1.2.1 Satus quo Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien
  - 3.1.2.2 Ansatzpunkte für mehr Nachhaltigkeit

## 3.2 Beispielhafte Gestaltung nachhaltiger Schulmöbel

- 3.2.1 Exemplarische Gestaltung von Möbeln zur Nutzungsverdichtung in Schulfluren
- 3.2.2 Möbelkollektion für Flurmöblierung
- 3.2.3 Kombinationsmöglichkeiten für verschiedene Einsatzzwecke
- 3.2.4 Überprüfung der ökologischen Nachhaltigkeit der Möbelkollektion
- 3.2.5 Herstellung von Prototypen

## 3.3 Studienprojekt ECO DESIGN

## 3.1 Entwicklung eines Leitfadens für die Beschaffung nachhaltigen Schulmobiliars

### 3.1.1 Analyse von Informationsangeboten

Die Analyse der im deutschsprachigen Raum verfügbaren Informationen zum Thema nachhaltige Beschaffung von Schulmöbeln brachte für die einzelnen Bereiche folgende Erkenntnisse:

#### 3.1.1.1 Materialdatenbanken

Im deutschsprachigen Raum gibt es verschiedene Materialdatenbanken, die Informationen zu Materialien bereitstellen und auch Informationen zu Umweltaspekten der Materialien beinhalten. Dies war das Kriterium für die Auswahl der betrachteten Datenbanken. Es gibt kostenpflichtige Angebote, die sich verstärkt an Firmen richten und kostenfreie Angebote. Die betrachteten Materialdatenbanken haben unterschiedliche Informationstiefen und Anwendungsgebiete. Ökologische Aspekte sind darin jeweils unterschiedlich stark gewichtet. Manche behandeln das Thema nur am Rande, in anderen wie beispielsweise Probas ist Nachhaltigkeit der wesentliche Bestandteil und sie bieten sehr umfangreiche Lebenszyklusdaten zur Berechnung. Folgende Datenbanken wurden betrachtet:

- oekobaudat.de
- wecobis.de
- probas.umweltbundesamt.de
- materialarchiv.ch
- totalmateria.com

Zwei Aspekte stehen einer Nutzung der Datenbanken zur Bewertung von Produkten nach Nachhaltigkeitsaspekten im Weg:

Die Informationstiefe der Datenbanken setzt eine sehr intensive Beschäftigung mit den Datensätzen voraus, um diese sinnvoll nutzen zu können. Der dafür erforderliche Zeitaufwand wäre für die beschaffenden Stellen zu groß.

Die Materialdatenbanken beziehen sich auf Materialklassen, nicht auf konkrete spezifizierte Handelsware. In vielen Fällen ist die Umweltwirkung eines Materials jedoch erst zu beurteilen, wenn genauere Angaben zum konkreten Produkt gemacht werden. Bei Holz beispielsweise die Frage der Herkunft aus nachhaltiger Forstwirtschaft oder der regionale Bezug.

Wir haben daher von einer Berücksichtigung der Datenbanken als Informationsquelle für die Beschaffung abgesehen.

#### 3.1.1.2 Internetplattformen

Im deutschsprachigen Internet angebotene Informationsplattformen, die sich mit Nachhaltigkeitsaspekten im Kontext der Beschaffung befassen, wurden recherchiert. Es war bereits aus der Vorrecherche bekannt, dass es kein spezifisches Informationsmaterial für

Schulausstattung gibt, folglich wurden Informationsangebote recherchiert, die den größeren Kontext der nachhaltigen Beschaffung insgesamt umfassen. Weitere Kriterien für die Auswahl waren freie Zugänglichkeit und Herstellerunabhängigkeit. Betrachtet wurden im Einzelnen:

- Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung
- Kompass Nachhaltigkeit
- Kommunale Initiative Nachhaltigkeit
- Green ProCA
- Verwaltung Innovativ
- KOINNO

Die aufgezählten Angebote sind auf unterschiedlichen Portalen und Websites im Internet verortet und nicht zentral erfasst.

In Tiefeninterviews mit den im Rahmen des Projektes kooperierenden Beschaffungsstellen wurde erhoben, ob die Plattformen bei den beschaffenden Stellen bekannt sind und ob deren Informationen genutzt werden. Das Ergebnis war, dass nur in Einzelfällen die Angebote bekannt sind, diese jedoch bislang nicht im Rahmen des Beschaffungsprozesses eingesetzt wurden. Als Gründe wurden die hohe Komplexität des Angebots und die mangelnde Übersichtlichkeit bei gleichzeitigem Zeitdruck im Beschaffungsprozess angegeben. Es sei zu aufwendig, die relevanten Informationen herauszufiltern und diese seien meist zu wenig auf die jeweilige Fragestellung abgestimmt. Ferner seien letztlich die ökonomischen Kriterien für die Vergabe der Aufträge ausschlaggebend und die Nachhaltigkeitsaspekte stark untergeordnet. Diese Erkenntnisse decken sich mit Ergebnissen von Studien, nach denen die Nachhaltigkeit als Kriterium bei der Beschaffung in Kommunen lediglich mit 20 % gewichtet wird, ökonomische Aspekte jedoch mit 66 %.<sup>15</sup>

### **3.1.1.3 Leitfäden, Handlungshilfen, Broschüren und Wegweiser**

Unsere Recherche zeigte, dass zum Thema nachhaltige Beschaffung diverse Leitfäden, Broschüren und Handlungshilfen und Wegweiser zur Verfügung stehen. Diese werden teilweise von Ministerien des Bundes oder der Länder publiziert. Auf kommunaler Ebene dienen Dienst-anweisungen und Ratgeber als Hilfestellung bei der Umsetzung innerhalb des Ausschreibungsprozesses. Die Dokumente sind größtenteils als digitale Broschüren frei und kostenlos online verfügbar. Sie sind meist äußerst umfangreich und es wird auf weiterführende ausführliche Quellen, Studien oder Links von Webseiten verwiesen. Oft wird die Vielzahl der Themen der Beschaffung wie etwa IT, Kleidung und Textilien, Möbel, Elektrogeräte, Reinigungsmittel, Fahrzeuge oder Hygieneartikel gemeinsam in einem Leitfaden abgearbeitet. Es werden Negativ- und Positivlisten, Bewertungsmatrizen mit Beispielen oder differenzierte Wertungsmethoden zur Verfügung gestellt.

In Tiefeninterviews mit Personen in den beschaffenden Stellen der im Forschungsprojekt kooperierenden Kommunen wurde nach Bekanntheit und der Anwendung von Leitfäden gefragt. Die Beteiligten bemängelten das zu zeitaufwendige Handling und nannten dies als wesentlichen Grund, warum die Leitfäden kaum oder nur gelegentlich eingesetzt würden. Lediglich Leitfäden, die sich mit spezifischen Produktgruppen befassen und die sehr konkrete Hinweise geben, wurden eingesetzt, so ein Leitfaden zur nachhaltigen Beschaffung von Büromaterial des Landes Baden-Württemberg. Solche Leitfäden würden jedoch noch nicht für alle Produktgruppen vorliegen. Für die Entwicklung des Leitfadens bedeutet das: die Inhalte müssen an den Bedürfnissen und dem Beschaffungsprozess der beschaffenden Stellen orientiert sein und möglichst konkrete und für Schulmöbel spezifische Handlungsempfehlungen und Informationen liefern.

Die Informationsangebote zur nachhaltigen Beschaffung sind den von uns befragten beschaffenden Stellen und Herstellern zu wenig bekannt und werden noch sehr selten genutzt bzw. in der Beschaffung eingesetzt. Entsprechende Hinweise auf hochwertige bereits vorhandene Angebote sollte in den Leitfäden aufgenommen werden.

Für den Leitfaden wurden in der Folge zwei Kategorien gebildet und versehen mit Kurzinformationen übersichtlich zusammengeführt.

Die erste Kategorie bilden Leitfäden und Informationsportale zur nachhaltigen Beschaffung und zu eng daran angrenzenden Themen:

#### **Leitfaden Nachhaltige Beschaffung konkret**

Arbeitshilfe für den umweltfreundlichen und sozial verträglichen Einkauf, herausgegeben vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2017).

<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikationen/>  
oder <https://pd.lubw.de/94313>.

#### **Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung**

Die Informationsplattform Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung, betrieben vom Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat, bietet vielfältige Informationen auf den Ebenen des Bundes, der Länder und der Kommunen an: Leitfäden, Handlungshilfen für unterschiedliche Themen und Praxisbeispiele.

[www.nachhaltige-beschaffung.info](http://www.nachhaltige-beschaffung.info)

### **Kompass Nachhaltigkeit**

Der zentrale Kompass Nachhaltigkeit wird von der Deutschen Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) in Bonn verantwortet. Die Internetseite hat das Ziel, die Beschaffung mit Informationen zum nachhaltigen öffentlichen Einkauf zu unterstützen. Die wichtigsten Angebote sind die Produktsuche nach Kategorien und diverse Praxisbeispiele nach Bundesländern geordnet. Er bietet außerdem eine Orientierungshilfe zu Gütezeichen und Zertifizierungen.

[www.kompass-nachhaltigkeit.de](http://www.kompass-nachhaltigkeit.de)

### **Informationsplattform REACH@Baden-Württemberg**

Das Netzwerk REACH@Baden-Württemberg unterstützt besonders kleine und mittlere Unternehmen mit Informationsveranstaltungen und einem Internetangebot bei der Umsetzung von REACH in der betrieblichen Praxis. Netzwerkpartner sind das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg und verschiedene Wirtschaftsverbände in Baden-Württemberg.

[www.reach.baden-wuerttemberg.de](http://www.reach.baden-wuerttemberg.de)

### **Praxisbeispiel Düsseldorf**

Die Stadt Düsseldorf hat eine Ausschreibung zu Schulmöbeln erfolgreich durchgeführt und dabei die Anforderungen des Blauen Engel zugrunde gelegt.

[www.kompass-nachhaltigkeit.de/kommunaler-kompass/nordrhein-westfalen/holz-holzprodukte/schulmoebel/](http://www.kompass-nachhaltigkeit.de/kommunaler-kompass/nordrhein-westfalen/holz-holzprodukte/schulmoebel/)

### **Informationsplattform Siegelklarheit.de**

Herausgeber des Portals ist das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, die Umsetzung erfolgt durch die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Ziel des Portals ist die Stärkung nachhaltigen Handelns, indem Verbraucher und öffentliche Auftraggeber dabei unterstützt werden, Umwelt- und Sozialsiegel besser zu verstehen.

[www.siegelklarheit.de](http://www.siegelklarheit.de)

Die zweite Kategorie bilden gesetzliche Vorgaben und Rahmenbedingungen. Hierbei wurden neben EU und Bundesgesetzen auch spezifische Vorgaben des Landes Baden-Württemberg berücksichtigt:

- Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) vom 26. Juni 2013, im vergaberechtlichen Teil 4 maßgeblich geändert am 12. Juli 2018
- Landesabfallgesetz Baden-Württemberg (LAbfG) vom 14. Oktober 2008

- Landeshaushaltsordnung für Baden-Württemberg (LHO) vom 19. Oktober 1971, zuletzt geändert am 17. Dezember 2019
- Richtlinie 2014/24/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG
- Unterschwellenvergabeordnung (UVgO) Bekanntmachung der Verfahrensordnung für die Vergabe öffentlicher Liefer- und Dienstleistungsaufträge unterhalb der EU-Schwellenwerte vom 07. Februar 2017.
- Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung – VgV) vom 12. April 2016, zuletzt geändert am 20. Juli 2019
- Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums über die Vergabe von Aufträgen im kommunalen Bereich (VergabeVwV) vom 27. Februar 2019
- Verwaltungsvorschrift der Landesregierung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (VwV Beschaffung) vom 24. Juli 2018

#### 3.1.1.4 Siegel, Zertifikate, Umweltzeichen

Im Bereich der Möbelindustrie gibt es verschiedene Siegel und Zertifizierungen, die im Rahmen des Forschungsprojektes identifiziert und auf Ihre Tauglichkeit für die Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten hin untersucht wurden. Dabei wurden als Kriterien die Transparenz der Vergabekriterien, der Umfang der betrachteten Umweltaspekte und die Schärfe der angelegten Maßstäbe zugrunde gelegt. Die als vertrauenswürdig erachteten Siegel wurden in zwei Gruppen eingeteilt. In Siegel, die von staatlichen Stellen oder unabhängigen Institutionen vergeben werden und Siegel von Interessens- und Industrieverbänden.

##### **Siegel von staatlichen Stellen oder unabhängigen Institutionen**

Der **Blaue Engel** ist das erste und älteste produktbezogene Umweltzeichen der Welt. Die Kriterien unterliegen einer regelmäßigen Anpassung an den aktuellen Stand der Technik und basieren auf einer ganzheitlichen Betrachtung.

Der **Forest Stewardship Council (FSC)** ist eine internationale Non-Profit-Organisation, welche ein internationales Zertifizierungssystem für Waldwirtschaft etabliert hat, dieses betreibt und weiterentwickelt.

Das **Programm for the Endorsement of Forest Certification (PEFC)** Siegel steht wie auch das FSC Siegel für nachhaltige Forstwirtschaft.

Die **GREENGUARD-Zertifizierung** (früher: GREENGUARD Indoor Air Quality-Zertifizierung) gewährleistet, dass Produkte für den Einsatz in Innenräumen strenge Obergrenzen für chemische Emissionen einhalten.

Das **SCS Indoor Advantage™ Gold** Zertifikat ist ein Nachweis für die Prüfung gefährlicher Emissionen, die von Stoffen und Produkten im Innenbereich ausgehen können.

Das **eco-INSTITUT-Label** ist ein Gütesiegel mit strengen Schadstoff- und Emissionsanforderungen für Bodenbeläge, Matratzen, Bettwaren, Möbel und andere Baustoffe.

Produkte mit der **Cradle to Cradle®** Zertifizierung sind so gestaltet, dass die eingesetzten Materialien unschädlich für Mensch und Natur sind und die Konstruktion eine sortenreine Wiederverwendung in neuen Produkten ermöglicht.

#### **Siegel von Interessen- und Industrieverbänden**

Das Gütezeichen **Goldenes M** ist ein Gütezeichen (RAL-GZ 430) für geprüfte Möbel, die hinsichtlich Qualität, Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bestimmte Kriterien erfüllen.

Das Emissionslabel der **Deutschen Gütegemeinschaft Möbel e. V. (DGM)** klassifiziert Möbel nach Schadstoffemissionen, um den Verbraucher zu informieren und zu schützen.

Das ÖkoControl-Zeichen kennzeichnet Möbel. Es wird vom **Verband ökologischer Einrichtungshäuser e. V.** vergeben. Das Siegel garantiert den Einsatz von Materialien, die schadstoffgeprüft und der Gesundheit nicht abträglich sind.

## 3.1.2 Analyse des Beschaffungsprozesses in Kommunen

### 3.1.2.1 Satus quo Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien

Die Studie "Kommunale Beschaffung im Umbruch" zeigt auf, dass zum Zeitpunkt der Erhebung in rund der Hälfte (44,6 %) der befragten deutschen Kommunen eine kommunale Beschaffungsrichtlinie eingesetzt wurde. Die Häufigkeit der Anwendung differierte jedoch je nach Produktgruppe. Nur ein Drittel der befragten Beschaffer sah laut Umfrage Möbel und Holzprodukte als geeignet, um bei deren Beschaffung Umweltkriterien zu berücksichtigen, hingegen waren es bei Büromaterial knapp 93 %.<sup>16</sup> Ein Hemmnis war zum Zeitpunkt der Durchführung der Studie die damals gültige Vergabeordnung (VgV), denn erst seit der Novellierung der Vergabeverordnung 2016 dürfen in europäischen und nationalen Ausschreibungen explizit Nachhaltigkeitskriterien gefordert werden.

Laut Aussage der von uns im Rahmen des Projektes befragten beschaffenden Stellen in den Kommunen werden Nachhaltigkeitskriterien bei der Beschaffung von Möbeln und Raumausstattung aus Zeitdruck und Kostengründen jedoch nach wie vor noch zu selten gefordert. Eine Barriere sei die hohe Komplexität des Vergleichs und der Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien und der dadurch entstehende Mehraufwand. Ferner sei man in Sorge, ob für die jeweilige Produktgruppe bei Anlegen strenger Maßstäbe überhaupt genügend Angebote am Markt verfügbar wären. Man befürchte, daher nicht in der gebotenen Geschwindigkeit die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können. Vereinzelt würden Zertifizierungen und Produktsiegel wie der Blaue Engel oder FSC als Referenzkriterien gefordert. Dabei würden dann entsprechend der Rechtslage vergleichbare Nachweise ebenfalls anerkannt.

Bundesweit gibt es Kommunen, welche sich explizit mit Nachhaltigkeit befassen und eine Vorbildfunktion haben können, wie beispielsweise Hamburg, Ludwigsburg oder Heidelberg. Dort werden auch die Lebenszykluskosten der Produkte berechnet, um den geringsten Preis über eine definierte Nutzungsdauer zu erhalten. Diese Vorgehensweise findet zunehmend Verbreitung. Einen entsprechenden Befund liefert die Studie "Kommunale Beschaffung im Umbruch", der zufolge bereits drei Viertel aller Kommunen Lebenszykluskosten neben Anschaffungskosten bei der Beschaffung berücksichtigen.<sup>17</sup> Dies ist eine Möglichkeit, nachhaltigeren Produkten trotz höherer Anschaffungskosten den Zuschlag geben zu können. So können sich langlebigeren Produkte, die in der Anschaffung mitunter etwas teurer sind, gegenüber minderwertigeren Waren, die vielleicht zunächst in der Anschaffung günstig sind, dann aber in der Regel nicht so lange genutzt werden können, behaupten.

### 3.1.2.2 Ansatzpunkte für mehr Nachhaltigkeit

Für eine bessere Verortung der Maßnahmen für mehr Nachhaltigkeit innerhalb des Beschaffungsprozesses haben wir diesen in einzelne Phasen aufgeteilt. Diesen Phasen werden die einzelnen Schritte zur Integration von Nachhaltigkeitskriterien zugeordnet:

- Antrag des Bedarfs bei der Behörde
- Bedarfsermittlung und -prüfung
  - Prüfung von Alternativen zur Neuanschaffung (z. B. Reparatur, Auffrischung, Tausch)
  - Berücksichtigung pädagogischer Anforderungen und flexibler Nutzung
  - Gebrauchte Möbel weitergeben oder spenden
- Marktrecherche
  - Ermittlung des am Markt verfügbaren Angebots an nachhaltigen Produkten als Basis für das Leistungsverzeichnis
- Erstellung des Leistungsverzeichnisses
  - Leistungsbeschreibung mit nachhaltigen Mindest- und Bewertungskriterien
  - Gewichtung der Bewertungskriterien, Wertigkeit der Nachhaltigkeit in Relation zum Preis
  - Eignungskriterien und Vertragsausführungsbedingungen festlegen
  - Bietererklärungen zu Mindest- und Bewertungskriterien
- öffentliche Ausschreibung
- Angebotsphase und Bewertung der Angebote z. B. mittels Bemusterung
- Einholung der Nachweise der Bieter
  - Nachweise zu Mindest- und Bewertungskriterien anfordern
- Auftragsvergabe an den Bieter
- Nachweisprüfung
- Abwicklung und Nutzung vor Ort

Die Beteiligten sind Nutzer wie Schulleitung, Lehrkräfte, die kommunalen Behörden und Beschaffungsabteilungen mit entsprechenden Fachabteilungen (z.B. Bauamt), die potenziellen Bieter und somit Anbieter oder Produzenten.

Bestimmt wird der Ablauf unter anderem von Gesetzen, Vorgaben, Vorschriften und Dienstweisungen auf EU-, Bundes-, Länder- und

kommunaler Ebene. Es müssen hierbei die Grundsätze Wirtschaftlichkeit, Transparenz, Verhältnismäßigkeit und Gleichbehandlung umgesetzt werden. Parameter wie eine öffentliche, beschränkte oder freie Ausschreibung beeinflussen den Ablauf. Die Veröffentlichung des Leitungsverzeichnisses geschieht, je nach Verfahren, mittels E-Vergabe, Staatsanzeiger oder Zusendung per Email. Während des kompletten Prozesses besteht eine Dokumentationspflicht der Behörde.

### **Experteninterviews Stadtverwaltungen und Hersteller**

Um einen Einblick in die Prozesse, Vorgaben und Bewertungskriterien der Stadtverwaltungen zu erhalten wurden Mitarbeiter von Beschaffungsabteilungen befragt. Die Interviewpartner stammen aus den vier Kommunen Stuttgart, Ludwigsburg, Tübingen und Schwäbisch Gmünd. Durch die unterschiedlichen Kommunen (groß, mittelgroß, klein) und die Verschiedenheit der Fachbereiche z.B. Hochbau, Bildung und Familien- oder Schulverwaltungsamt konnten reichhaltige qualitative Erkenntnisse generiert werden.

Es fanden Treffen mit der Stadtverwaltung Ludwigsburg mit der Abteilung Beschaffung und Hochbau sowie mit der externen Nachhaltigkeitsberaterin der Stadt Ludwigsburg statt. Hier hat die Stadtverwaltung bereits eine Dienstanweisung und einen Leitfaden für die Umsetzung und Verfolgung von Nachhaltigkeitskriterien implementiert. Seit 2018 läuft die Pilotphase und ab Januar 2019 sind diese Vorgaben für die Beschaffungsstelle verpflichtet umzusetzen. Im Gespräch wurde dargestellt, dass es Mehraufwand im Arbeitsprozess gibt, wenn ökologische Kriterien und deren Verfügbarkeit am Markt recherchiert werden sollen. Produktsiegel seien für die ausschreibende Stelle hilfreich, jedoch im Bereich des Mobiliars sehr selten. Der zur Verfügung stehende Leitfaden sei eine gute erste Grundlage für die Sensibilisierung hinsichtlich der Nachhaltigkeitsaspekte. Es bestätigte sich, dass durch die neuen Zuschlagskriterien und die höhere Gewichtung nachhaltiger Kriterien entsprechende Angebote häufiger den Zuschlag erhalten. Des Weiteren war den Mitarbeitern wichtig, nachhaltige Kriterien nur zu fordern, wenn auch sichergestellt werden kann, dass am Markt entsprechende Produkte verfügbar sind und folglich auch ausreichend Angebote eingehen können, sodass die Pflicht zur Bedarfsdeckung eingehalten werden kann. Die Mitwirkenden schilderten, dass durch die Umsetzung der Nachhaltigkeitskriterien im Ausschreibungsverfahren der Zeitaufwand bei der Erstellung und Bewertung von Kriterien sowie beim Austausch mit Bietern deutlich angestiegen sei. Ziel der Pilotphase sei es, die fachliche Kompetenz und die Erfahrungen der Abteilung bezüglich der Nachhaltigkeit durch jede Ausschreibung anwachsen zu lassen und somit mittel- bis langfristig deutlich nachhaltigere Produkte beschafft werden. An den konkreten Bedürfnissen und an den Verfahrensschritten der Beschaffung orientierte Leitfäden für die nachhaltige Beschaffung einzelner Produktgruppen würden nach Ansicht der Befragten dabei helfen. Durch weitere Gespräche mit den Kommunen Tübingen, Schwäbisch Gmünd und Stuttgart hat sich gezeigt, dass andere Stadtverwaltungen häufig noch keine umfassende Nachhaltigkeitsstrategie für die Beschaffung einführt haben. Es besteht vielfach Schulungs- und Aufklärungsbedarf.

In Gesprächen mit der Geschäftsführung sowie mit Marketing- und Produktionsleitern wurde die Bieter- und Herstellersicht ermittelt. Es wurde vielfach berichtet, dass nachhaltige Kriterien in Ausschreibungen bislang noch selten gefordert seien, ebenso Siegel wie das FSC, Goldene M oder der Blaue Engel. Hingegen seien die Vorgaben der DIN oder GS häufiger Teil der Ausschreibungskriterien.

Materialien wie beispielsweise E 0-klassifizierte Spanplatten, welche so gut wie schadstofffrei sind, könnten für entsprechend Aufträge mit Mehrkosten für die Raumausstattung bereits heute angeboten werden, würden aber selten explizit angefragt und kämen dann aus Kostengründen meist nicht zum Einsatz. Hingegen würden heute Aspekte wie Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Garantien, Wartungsintervalle und Reparaturfähigkeit zunehmend nachgefragt.

Es wurde Bereitschaft und Interesse daran signalisiert, Nachhaltigkeitskriterien stärker bei der Produktentwicklung zu berücksichtigen. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass dies nur möglich sei, wenn diese entweder kostenneutral umzusetzen seien oder wenn sie in den Ausschreibungen explizit als Kriterien gefordert würden, da sonst die entsprechend gestalteten Produkte im scharfen Wettbewerb aus Preisgründen nicht bestehen könnten.

Der geplante Leitfaden für die nachhaltige Beschaffung sei aus Herstellersicht interessant als Orientierungshilfe. Kenne man die Kriterien, die bei Ausschreibungen angelegt würden, so könne man diese bereits bei der Planung und Konstruktion von Produkten berücksichtigen, ferner könne man dann auch Lieferanten entlang der Lieferketten entsprechend instruieren. Eine strengere Anwendung von Umweltkriterien als Ausschluss- oder Zuschlagskriterium bei Ausschreibungen würde begrüßt werden, da man sich dann gegen andere Anbieter, die diese nicht berücksichtigen, am Markt besser behaupten könne.

Konsens der pädagogischen Forschung der letzten Jahre ist die Betonung der individuellen Präferenzen bezüglich des Inhalts, der Geschwindigkeit, der Umgebung sowie der Lernmethode. Dem in den vergangenen 200 Jahren praktizierte Frontalunterricht liegt ein Modell des einheitlichen Lernens zugrunde, das nicht für alle Schülerinnen und Schüler optimale Lernvoraussetzungen bietet. Um individuelles Lernen zu fördern, sind sowohl methodisch-didaktische wie auch räumliche Voraussetzungen essenziell. Beispielhaft ist der Wechsel verschiedener Sozialformen im Unterricht wie Einzelarbeit, Arbeit in Kleingruppen, Input oder Stuhlkreis. Ebenso spielt die Typologie des Lernraums eine entscheidende Rolle. Es wird zwischen "Klassenraum Plus", "Cluster" und "teiloffener Lernlandschaft" unterschieden.<sup>18</sup> Weitere wichtige Grundvoraussetzungen sind eine individuell herzustellende Balance aus Ruhe und Bewegung, Kontrolle und Selbstständigkeit, Selbstlernzeit alleine oder in Lerngruppen und Unterricht. Dadurch entsteht ein erhöhter Bedarf an Räumen oder Bereichen, in denen diese neuen Formen neben dem Unterricht in den Klassenräumen ermöglicht werden können. Diese Räume sind im Bestand meist nicht vorhanden.

Basierend auf den in der Recherche erlangten Erkenntnissen konnten acht Themen erarbeitet werden, bei denen Verbesserungsbedarf besteht, der ggf. über die Entwicklung entsprechender Möbel befriedigt werden kann:

- **Management der elektronischen Geräte:** Energie, Sicherheit, Vernetzung, Arbeitsbereich
- **Akustik:** Ruhezonen und akustische Trennung innerhalb eines Raumes oder Bereiches
- **Ordnung und Aufbewahrung:** individuelles Lernen, Privates u. Arbeitsmaterialien verwahren
- **Raumtrennung:** Inseln schaffen, Kleingruppen bilden
- **Flurmöblierung:** erweiterte Nutzungsmöglichkeiten, Brandschutz
- **Grünes Klassenzimmer:** Erweiterung des Lehrraumes durch individuelles Lernen im Freien
- **Raumluft:** Luftaustausch, Verbesserung der Luftqualität
- **Einzelarbeitsplatz:** individuelles Lernen, Identifikation und Eigenverantwortung

### 3.2.1 Exemplarische Gestaltung von Möbeln zur Nutzungsverdichtung in Schulfluren

Die acht möglichen Themen wurden dem Kooperationspartner Hohenloher präsentiert, gemeinsam diskutiert und bewertet. Das Thema Flurmöblierung wurde unter Berücksichtigung der folgenden Bewertungskriterien ausgewählt.

- **Nachhaltigkeit:** Die Nutzbarmachung nicht oder schlecht genutzter Flächen ist gegenüber An- oder Umbauten effizienter.
- **Marktpotential:** 80% der Sanierungen erfolgen im Bestand, hier bietet sich ein breites Anwendungsgebiet.
- **Innovationsgrad:** Anpassung an neue Lehr- und Lernformen möglich (Selbstlernzeit, Gruppenarbeit, Pausen).
- **Umsetzbarkeit:** rechtliche Vorgaben sind mit geringem Aufwand und richtiger Materialwahl einhaltbar.
- **Nutzungsgrad:** ungenutzte Flächen einfach nutzbar machen.

- **Alleinstellung:** zum Zeitpunkt der Entscheidung sind keine Angebote für Flurmöblierung in Schulen mit Klassifizierung nach DIN 4102-B1 auf dem Markt.
- **Adaptierbarkeit:** Anpassung an verschiedene Raumsituationen kann durch Baukastensystem ermöglicht werden.
- **Montageaufwand:** Vorort Montage kann mit geringem Aufwand erfolgen.

Flure, Korridore und Vorräume sind in vielen Schulen ein noch wenig oder nur mit starken Einschränkungen nutzbarer Bereich. Gerade hier könnten jedoch vorhandene Flächen genutzt werden, um Aufenthalts- und Arbeitsbereiche für Pausen, Selbstlernzeit und kleine Lerngruppen zu schaffen. Dadurch kann auf Erweiterungsbauten mitunter verzichtet werden. Dadurch ergibt sich ein erhebliches Einsparpotenzial für Energie, Material und Kosten, die zur Erstellung und Unterhalt neuer Flächen erforderlich wären. Um eine bessere Nutzung der Flure zu gewährleisten, haben sich Sitz- und Abstellmöglichkeiten sowie visuelle und akustische Trennelemente als wichtige Möblierung herauskristallisiert. Dies entspricht sowohl den in den Umfragen bei den Kooperationspartnern und den besuchten Schulen geäußerten Wünschen zur Nutzung als auch der bei der Analyse bestehender Flursituationen identifizierten Problemfelder.

### **Brandschutz als Anforderung**

Voraussetzung für den Einsatz von Möbeln in Fluren ist, dass die eingesetzten Ausstattungen den erhöhten Anforderungen an den Brandschutz in diesen Zonen genügen. Häufig sind die Flure auch Fluchtweg. Danach richten sich die zu verwendenden Materialien, ferner dürfen die Möbel kein Hindernis darstellen:

- Ausstattungsgegenstände in als Fluchtweg dienenden Fluren öffentlicher Gebäude müssen fest an Wand und oder Boden verankert sein, um im Falle einer Panik ein Umwerfen und die Blockade der Flure so zu verhindern.
- Gegenstände in diesen Bereichen dürfen ferner nicht brennbar sein und müssen dies durch die Zertifizierung nach DIN 4102 Brandschutzklasse B1 nachweisen.
- Es muss die gesetzlich vorgeschriebene Fluchtwegbreite eingehalten werden, welche von der maximalen Personenzahl im jeweiligen Bereich abhängig ist.

### **Verbesserung der Akustik als Anforderung**

Ein häufiges Problem in Fluren ist die schlechte Akustik, oft mit entsprechend langen Nachhallzeiten. Dies ist für Personen, die sich dort aufhalten, ein Stressfaktor. Ferner kann durch die parallele Nutzung von Fluren und Unterrichtsräumen der Unterricht in den angrenzenden Räumen gestört werden. Günstig wären also Ausstattungselemente, welche die Akustik der Flure verbessern.

### **Weitere Anforderungen an die Gestaltung**

Verschiedene Entwürfe zum Themenfeld Flurmöblierung wurden erstellt, um in iterativen Prozessen mögliche Gestaltungsvarianten zu prüfen. Kriterien dabei waren neben den bereits genannten Umweltaspekten (Langlebigkeit, Reparierfähigkeit, Recyclingfähigkeit, zeitlose Gestaltung), dem Brandschutz und der Verbesserung der Raumakustik:

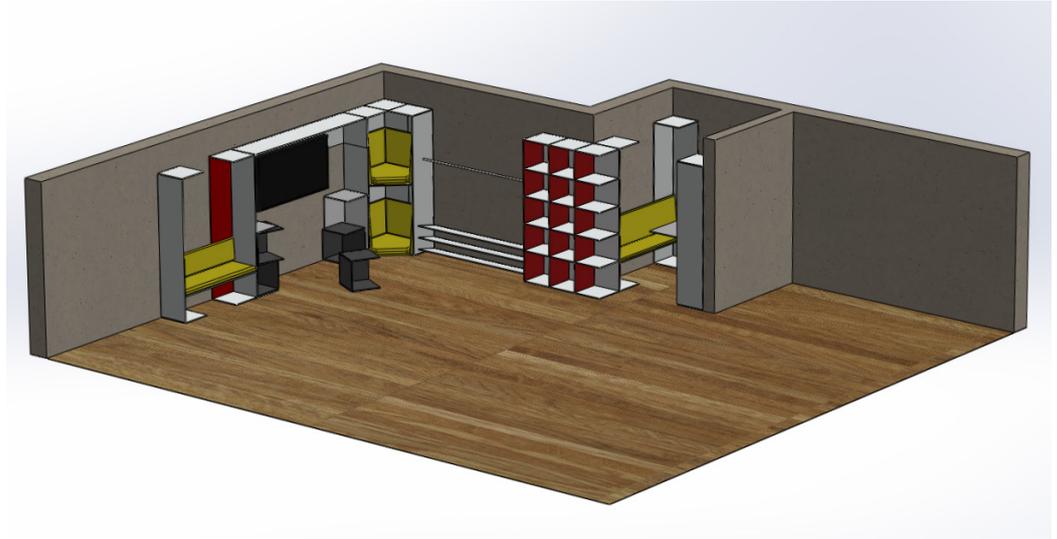
- Anpassungsfähigkeit in der Planungsphase auf verschiedene Raumsituationen.
- Variationsmöglichkeiten in der Planungsphase, um verschiedene Arbeitssituationen herstellen zu können.
- Günstige Ergonomie für unterschiedliche Altersgruppen.
- Sicherheit, keine Verletzungsgefahr.
- Einfache Reinigungsmöglichkeit der Möbel und auch der Böden in diesem Bereich.
- Gestalterische Zurückhaltung, um in verschiedenen Architekturen eingesetzt werden zu können.
- Möglichkeit einer Anpassung an die Architektur, z.B. durch Farbvarianten zur Auswahl.
- Möglichkeit einer späteren Neukonfiguration der Anordnung durch Personal vor Ort.

Durch eine enge Abstimmung in dieser Phase mit dem Partner Hohenloher sollten Probleme der Entwurfsvarianten bezüglich Herstellungsprozess und Materialität frühzeitig erkannt werden und bei der Auswahl der Variante Berücksichtigung finden.

**Abb. 1**

**Entwurf Winkelement**

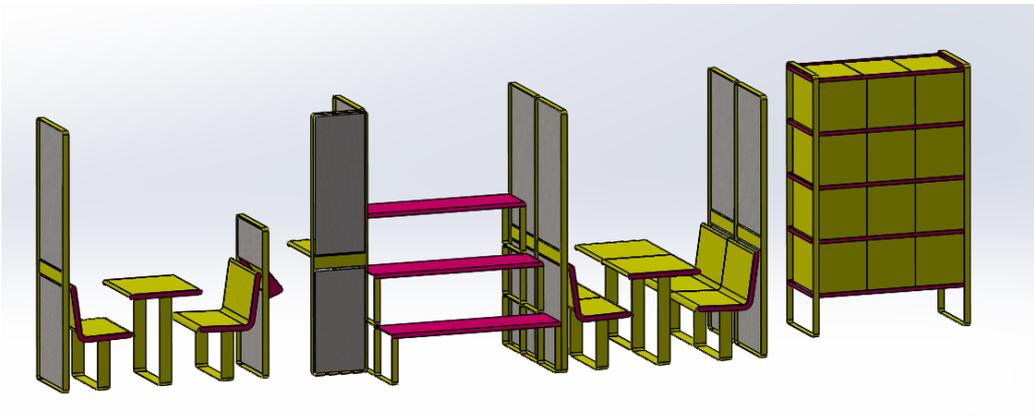
Aus den Modulen lassen sich in der Planungsphase auf die jeweilige Raumsituation angepasste Konfigurationen bilden, die auf den Bedarf abgestimmt sind und auch kleine Bereiche nutzbar machen. Raumnutzung durch Kombination des Grundelements Winkel in verschiedenen Höhen und Größen. CAD-Visualisierung.



**Abb. 2:**

**Entwurf Raumteiler**

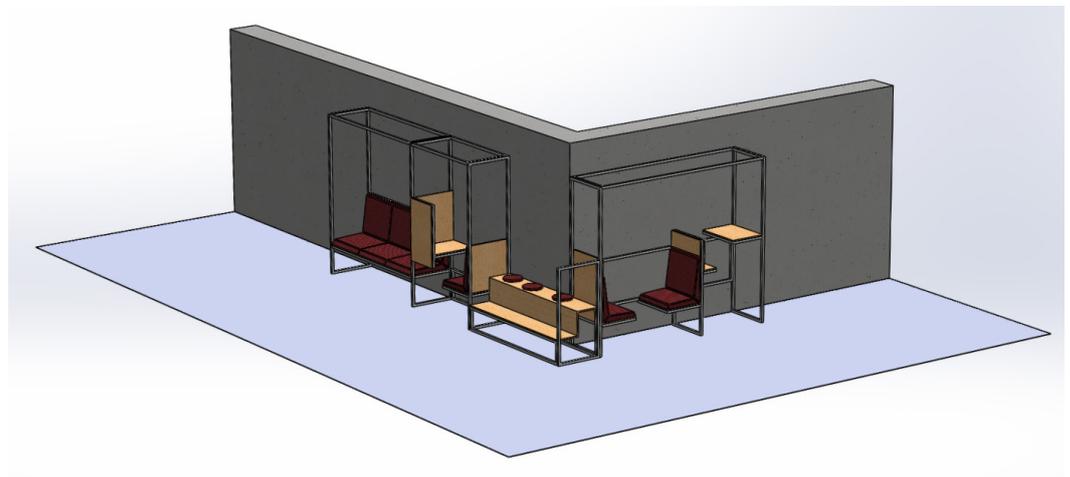
An der Wand befestigte vertikale Raumteiler dienen gleichzeitig als Trennelement und als Befestigungsmöglichkeit für die anderen Module. Schnelle Montage und Anpassbarkeit in der Planung auf die jeweilige Raumsituation. CAD-Visualisierung.

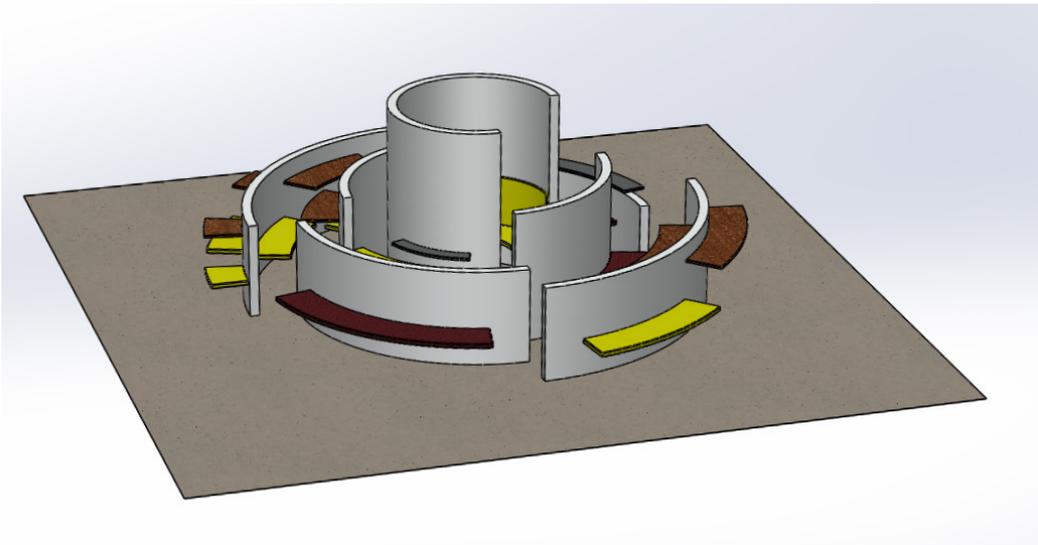


**Abb. 3:**

**Entwurf Frame**

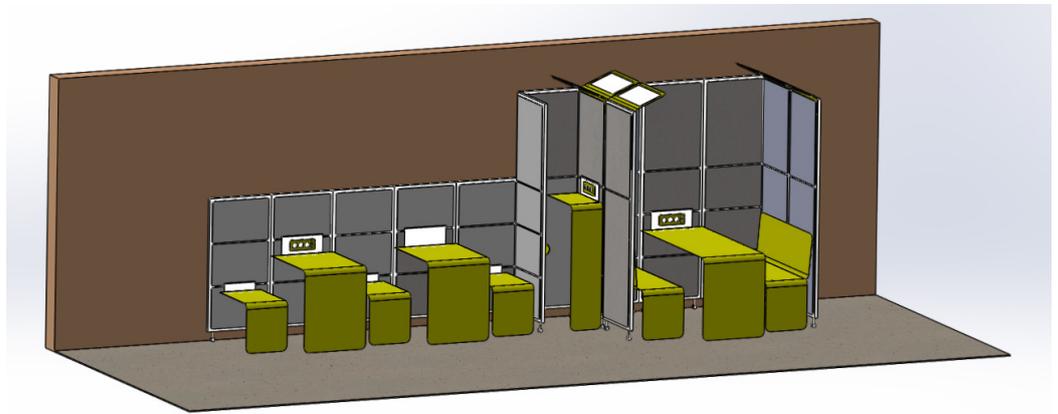
In rahmenartige Grundgestelle mit Rastermaßen können verschiedene Module eingehängt werden. Dies bietet verschiedene Nutzungsmöglichkeiten und kann später als Baukasten ergänzt oder neu konfiguriert werden. CAD-Visualisierung.





**Abb. 4:**  
**Entwurf Rondell**  
 Viele Nutzungsmöglichkeiten auf geringem Raum durch beidseitige Nutzung von Zwischenwänden, allerdings weniger für enge Flure geeignet.  
 CAD-Visualisierung.

**Abb. 5:**  
**Entwurf Rack**  
 An der Wand befestigte Stellagen ermöglichen die schnelle und einfache Kombinierbarkeit verschiedener Elemente. Schneller Aufbau und einfacher späterer Umbau.  
 CAD-Visualisierung.



Nach Gewichtung der genannten Gestaltungsanforderungen und einer Bewertung der Entwürfe in einer Matrix entschied sich das Projektteam für den Entwurf "Winkelelement" zur weiteren Ausarbeitung. Vorteile bieten hier die Anpassbarkeit auch für enge Raumsituationen und die hohe Variabilität in der Planung bei geringem Materialeinsatz. Ferner die hohe Robustheit und Sicherheit und die zu erwartende Verbesserung der Raumakustik. Die Produkte sind ferner aus Herstellersicht gut mit bereits vorhandenen Maschinen und Verfahren herstellbar und mit anderen Produktlinien kombinierbar.

Um die Komplexität des Projektes auf den zur Verfügung stehenden Zeit und Budgetrahmen anzupassen, wurde zwischen den Projektpartnern vereinbart, zunächst die Sitzmöbel und den Tisch zu entwickeln, die Raumteiler und Stau-elemente zwar planerisch mitzudenken, aber noch nicht prototypisch umzusetzen. In Abänderung zum Vorentwurf sollten auch Sitzelemente und Tisch direkt an der Wand befestigt werden, was eine Zwischenwand nicht immer erforderlich macht. Durch die Wandbefestigung wird die Sicherheit erhöht und eine filigranere Bauweise ermöglicht, wodurch der Materialeinsatz minimiert werden kann.

### **Auswahl von ökologisch nachhaltigem Material**

Die Materialauswahl für die Konzeption beruht neben den Kriterien des Brandschutzes maßgeblich auf ökologischer Nachhaltigkeit. Ferner spielten die materialabhängigen Ver- und Bearbeitungsverfahren sowie die Behandlung der Oberflächen bei der Auswahl der zu verwendenden Materialien eine erhebliche Rolle. Materialien wie Kunststoffe, Holz und Textilien können mithilfe von Flamm-schutzmitteln als nicht brennbar ausgestattet werden. Dies hat jedoch Folgen für die Recyclingfähigkeit und für das Emissionsverhalten. Feststoffe wie Stahl, Stein, Beton, Ziegel und Glas gelten als nicht brennbar und benötigen keinen Nachweis. Unter Berücksichtigung der genannten Auswahlkriterien wurden letztlich folgende Materialien ausgewählt:

#### **Stahl – statische Elemente und Nutzflächen, Verbindungen**

Aufgrund der positiven physikalischen Eigenschaften sowie der nahezu unendlichen Recyclingfähigkeit ist Stahl ein langlebiges und vielfältig eingesetztes Material. Die Lieferformen sind mannigfaltig. Die Verfügbarkeit an Normteilen ist hoch und die Ver- und Bearbeitungsprozesse sind stark optimiert.

#### **PES-Vlies (Polyesterfaserstoffe) – akustische Elemente und Sitzauflagen**

PES-Vlies basiert auf dem weitverbreiteten thermoplastischen Kunststoff Polyethylen. Bei sortenreiner Verwendung wie im Falle des hier eingesetzten Materials ist es recycelbar. Ferner kann es mit einem hohen Anteil an Rezyklaten hergestellt werden. Diese sind u. a. aus dem Recycling von Kleidung und Verpackungen reichlich vorhanden. Die am Markt erhältlichen Produkte erreichen teils einen Anteil an Rezyklat von 50 %. Es wird jedoch daran geforscht, den Anteil weiter zu erhöhen. Aufgrund der gewünschten optischen und haptischen Eigenschaften des Vlieses sind Farbunterschiede der einzelnen Fasern zulässig, was das Recycling vereinfacht. Als gepresste Rollen- oder Plattenware erreicht PES-Vlies die Brandschutzklasse B1 (schwer entflammbar) ohne den Einsatz

von umwelt- und gesundheitsschädlichen Zusatzstoffen wie Flammschutzmitteln. Einige Hersteller haben die Vliesstoffe nach Öko-Tex Standard 100 zertifizieren lassen.

Eine weitere wichtige Eigenschaft in der geplanten Anwendung ist die Reduktion der Nachhallzeit durch den Einsatz des schallabsorbierenden Vliesstoffes, was gerade in den Fluren zur Verbesserung der Akustik von großer Bedeutung ist. Die Oberfläche des Vlies' kann durch Verdichtung des Materials in der Produktion sehr robust und weitestgehend geschlossen werden. Sie ist abriebfest und langlebig. Die mechanischen Eigenschaften wie Formbeständigkeit, Nass- und Trockenfestigkeit sowie Scheuerbeständigkeit sind gut bis sehr gut, gleiches gilt für die Beständigkeit gegen Säuren, Lösungsmittel und Sonnenstrahlung. Da das Material kaum Feuchtigkeit aufnimmt und sich nicht ausdehnt, kann auf ein vollflächiges Verkleben verzichtet und das Vlies verschraubt werden. Das verhindert nicht nur Emissionen durch Klebstoffe, auch ein Ersatz im Reparaturfall und die spätere sortenreine Trennung werden so erleichtert.

### **Auswahl von ökologisch nachhaltigen Verarbeitungsverfahren**

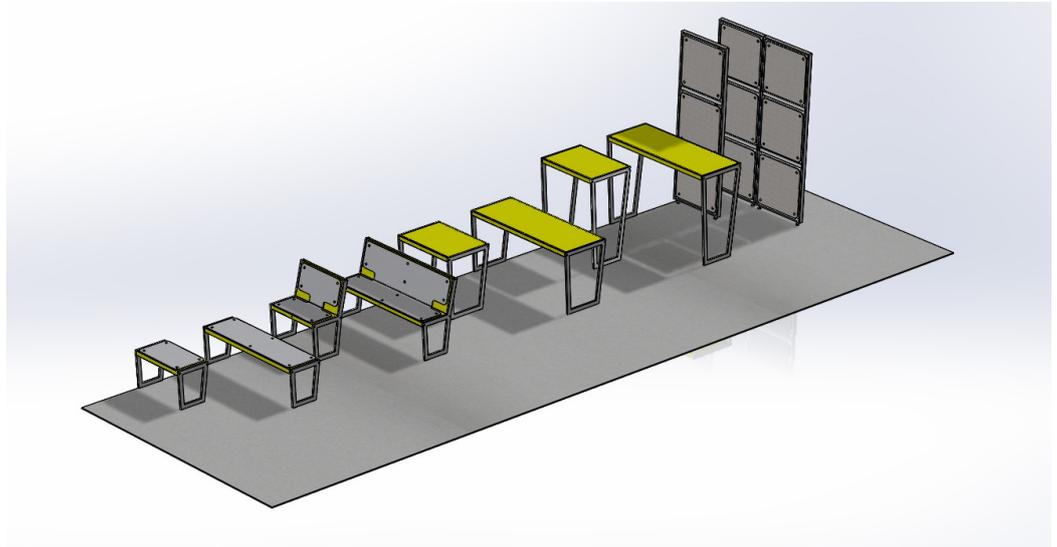
In Abstimmung mit dem Kooperationspartner Hohenloher und Zulieferern wurden ferner angemessene Verarbeitungsverfahren ausgewählt. Bei der Bearbeitung von Stahl ist das Laserschneiden eine effiziente Methode. Mehrere Arbeitsschritte lassen sich in einem Arbeitsgang realisieren. Durch Biegen werden die Teile dann in die gewünschte Form gebracht und durch Laserschweißen dauerhaft verbunden. Für einen platzsparenden Transport, etwaige Reparaturen und letztlich auch die Demontage sind die verschiedenen Komponenten verschraubt. Die Stahlteile werden pulverbeschichtet, was zum Erhalt einer farbigen Oberfläche das umweltschonendste Verfahren darstellt. Die eingesetzten Pulverlacke sind lösemittelfrei und erzeugen keine Emissionen.

Das PES-Vlies kann durch CNC-Fräsen bearbeitet werden. Somit können alle notwendigen Bearbeitungsschritte in einem Arbeitsgang mit minimalem Verschnitt durchgeführt werden. Die digitale Programmierung ermöglicht ein sogenanntes Nesting, dabei werden die Fräskonturen platzsparend und somit Abfall reduzierend angeordnet. Die erstellte Kontur wird anschließend thermisch verformt und ggf. geschlitzt, um sie an das Möbel anzupassen. Eine zusätzliche Oberflächenbearbeitung ist nicht notwendig.

### 3.2.2 Möbelkollektion für Flurmöblierung

Für die finale Ausarbeitung wurde ein Sortiment erstellt, welches sich im Baukastenprinzip erweitern lässt. Mit wenigen Elementen kann so eine hohe Varianz an Anwendungen erzielt werden. Auf Wunsch des Kooperationspartners sollten die Möbel sein bestehendes Sortiment formal und funktional ergänzen. Dies wurde durch eine Anordnung der Elemente entsprechend dem Raster der bestehenden Möbelemente (Regale, Schränke) erreicht. In Fluren können Wandflächen so mit einer Mischung aus Möbeln und Staulementen bespielt werden.

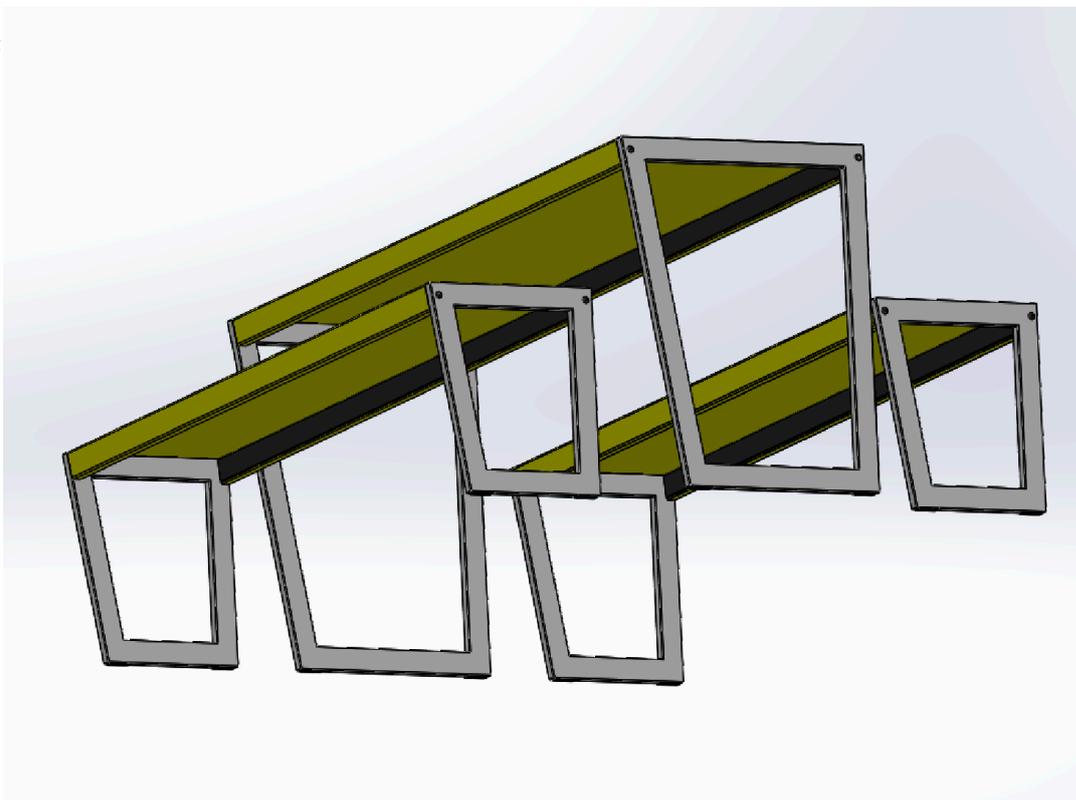
**Abb. 6:**  
**Möbelkollektion für Schulflure.**  
Abgebildet sind Elemente für die Ablage, zum Sitzen, Tische und Trennwände in unterschiedlicher Breite.  
CAD -Visualisierung.



Mit 1:1-Modellen wurden formale Details überprüft und angepasst. Nutzertests mit Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit unterschiedlichen Körpermaßen und ergonomische Tests wurden mit den 1:1-Modellen durchgeführt, um die Abmessungen überprüfen und eventuelle Probleme zu beheben. Entsprechend den Vorgaben der DIN EN 1729-1 decken die Maße des 1:1-Modells der Bank die Größenklassen 5-7 und somit die Klassenstufen 5-13 ab. An einer Möblierungsvariante für jüngere Kinder mit geringeren Maßen ist für den Kooperationspartner Höhenloher ebenfalls von Interesse, wurde aber vorerst nicht weiter verfolgt. Zunächst soll die Reaktion des Marktes abgewartet werden.

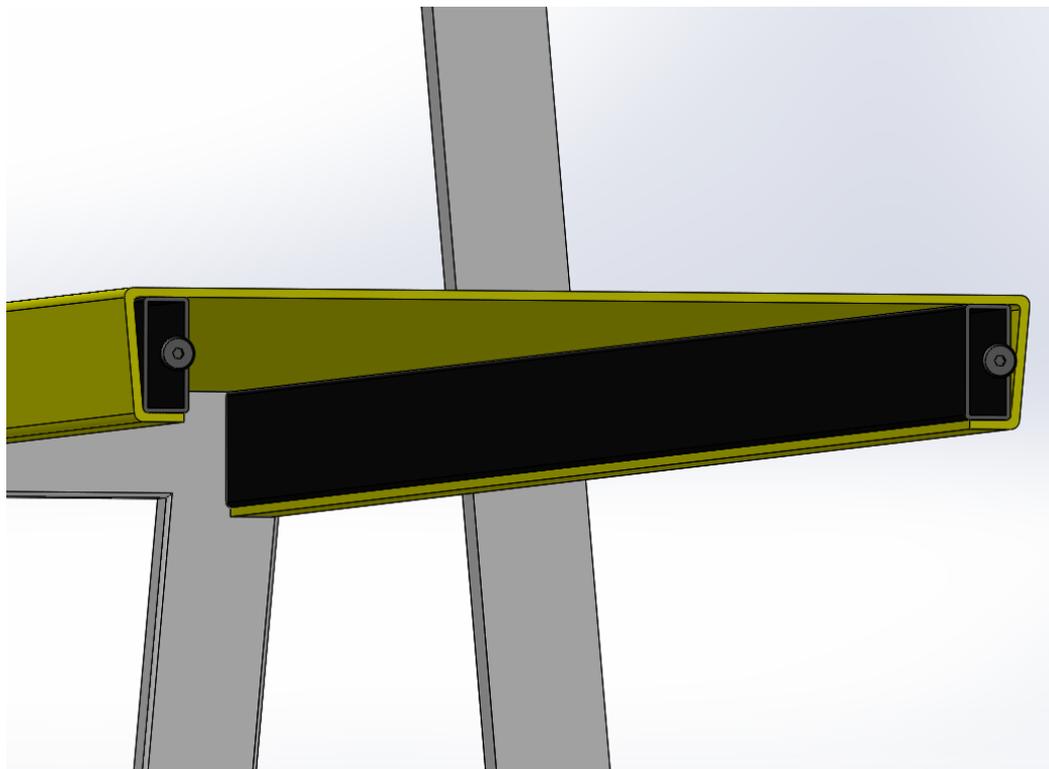
Die Nutzertests zeigten ein Problem beim Ein- und Ausstieg in die Sitz-Tisch-Kombination. Der Abstand zwischen den Seitenelementen von Bank und Tisch war auf Beinhöhe zu gering. Die Verlängerung des Tisches um 100 mm erzeugte einen Versatz zur Bank, was die Nutzung bei einem erneuten Test deutlich erleichterte.

**Abb. 7:**  
Tisch-Sitzbank-Kombination mit  
verlängertem Tisch.  
CAD-Visualisierung.



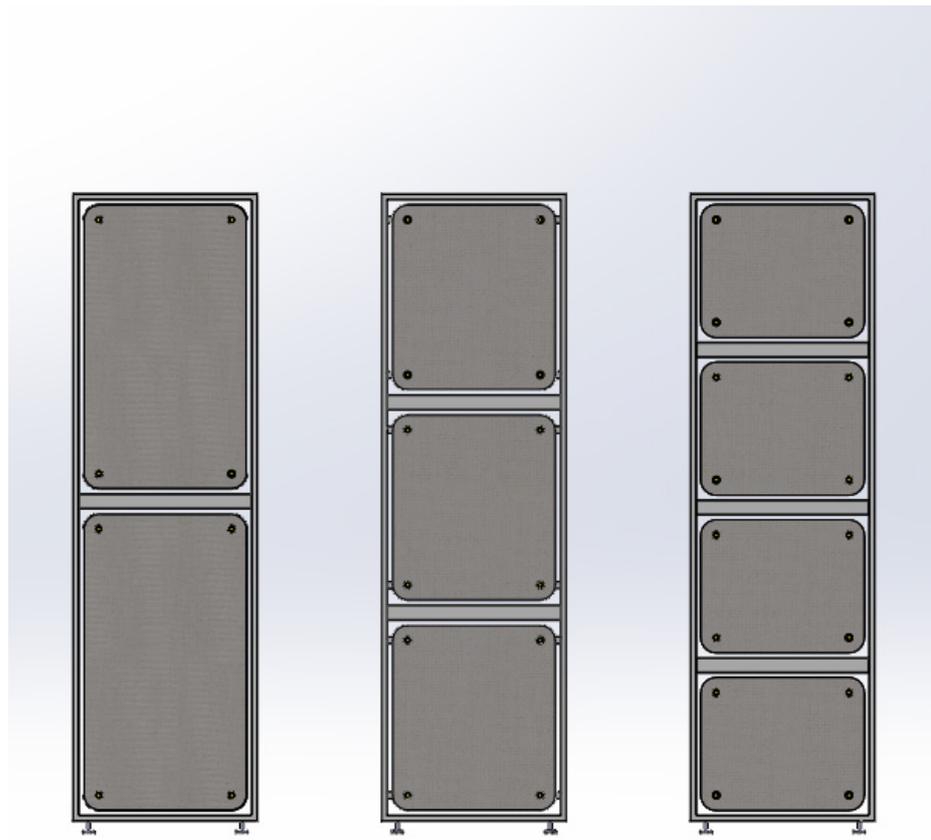
Die konstruktiven Details der Möbel und die Verbindung der Einzelteile wurden in Abstimmung mit dem Kooperationspartner entwickelt. Zargen, in der Abbildung 8 schwarz dargestellt, dienen als stabilisierendes Element, das die Sitz- bzw. Ablagefläche stützt und an welches mittels Schraubverbindungen die Seitenteile fixiert werden.

**Abb. 8**  
Verbindung Seitenteile mit Sitz-  
bzw. Abstellflächen.  
CAD-Visualisierung Konstruktions-  
detail.



Um eine visuelle Trennung im Flur für die Bildung von Sitznischen zu ermöglichen, wurden Trennwände entwickelt, welche aus einem Rahmen und PES-Vlies Paneelen bestehen. Durch die Rahmenbauweise müssen die Vlieselemente keine statische Funktion übernehmen und können so leicht und materialeffizient gestaltet werden. Der Metallrahmen kann im Baukastensystem für weitere Anwendungen als statisches Grundelement eingesetzt werden, z.B. in Verbindung mit einem Korpus als Staulement. Für die Aufteilung der Vlieselemente werden drei Möglichkeiten vorgesehen, was sowohl optische Variationen ermöglicht als auch verschiedene Einsatzmöglichkeiten der Teilfelder eröffnet, etwa als Pinnwand oder mit anderer Oberflächenbeschichtung als Whiteboard oder Magnettafel.

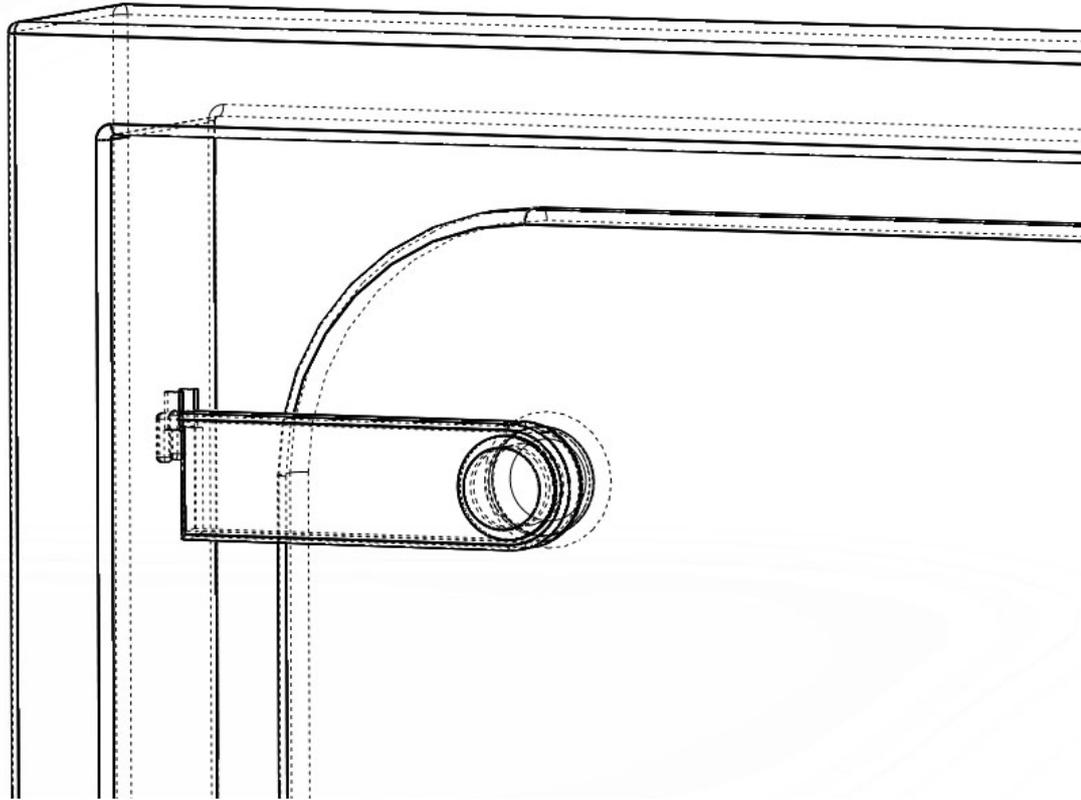
**Abb. 9:**  
Trennwände aus unterschiedlich  
hohen Rahmenkonstruktionen.  
CAD-Visualisierung.



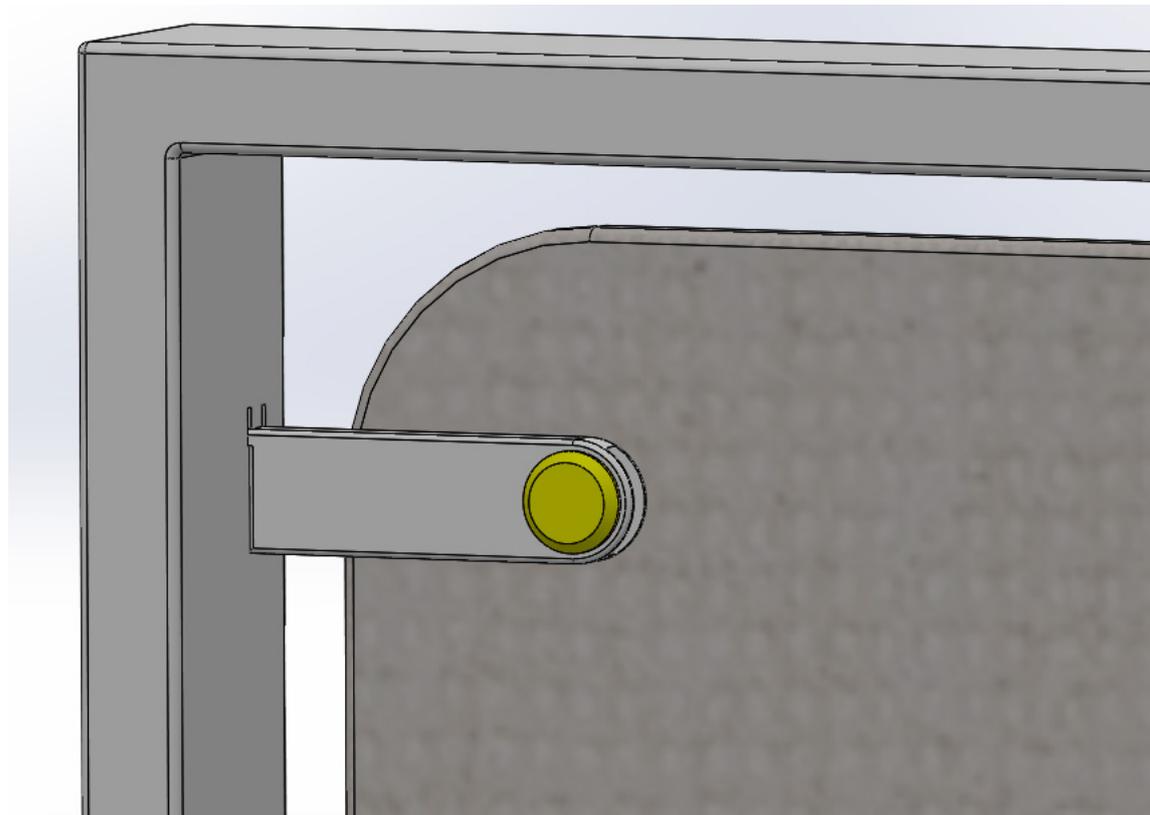
**Abb. 10:**

**Detail Befestigung Vlieselemente.**

Dargestellt ist der Befestigungshaken zur Montage bzw. Austausch der Vlieselemente bzw. von White- oder Magnet-Boards.  
CAD-Visualisierung.



Um eine einfache Montage und einen Austausch der Paneele zu ermöglichen, wurden Befestigungshaken konstruiert, welche an den PES-Vlies-Paneeelen verschraubt und anschließend in die Rahmen eingehängt werden. Hierbei handelt es sich um lösbare Verbindungen, welche allerdings ein Werkzeug erfordern. Dies verhindert eine mutwillige Demontage oder Beschädigung durch Unbefugte. Die Vlieselemente können alternativ auch durch ein Whiteboard oder eine Magnettafel ersetzt werden, was weitere Anwendungsmöglichkeiten als Arbeitsbereich eröffnet.



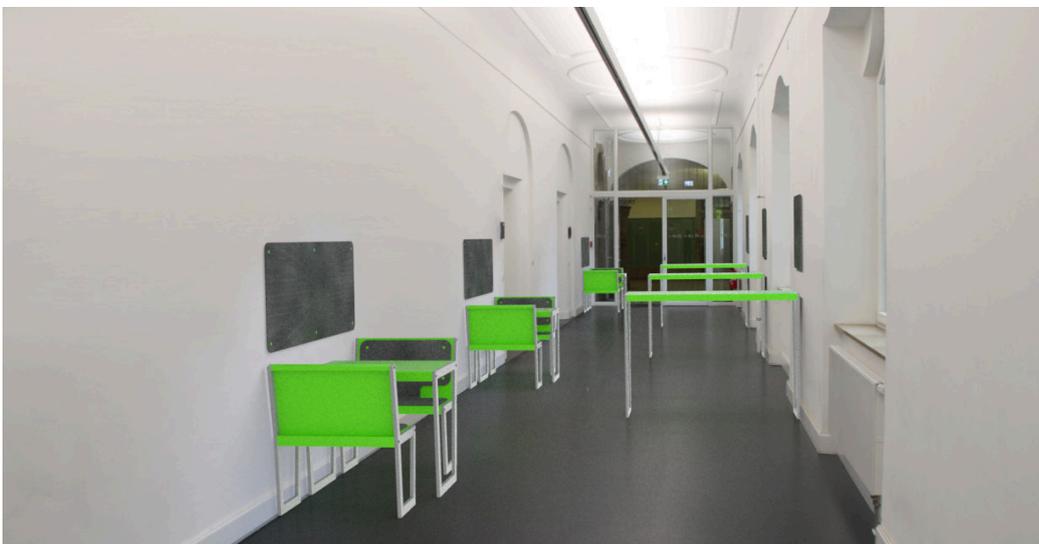
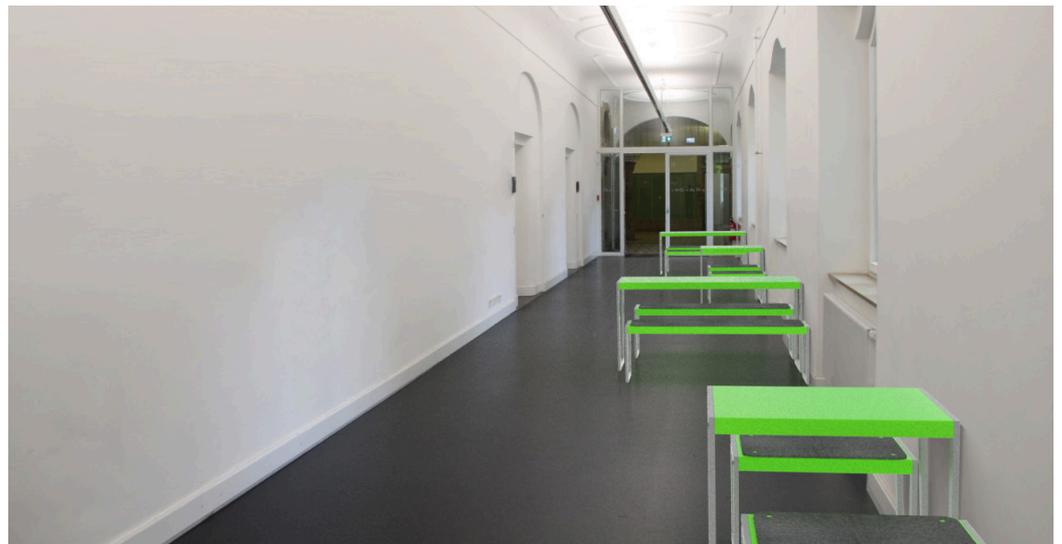
### 3.2.3 Kombinationsmöglichkeiten für verschiedene Einsatzzwecke

Die folgenden Darstellungen zeigen exemplarische Anordnungsmöglichkeiten der Möbelkollektion, die unterschiedliche Einsatzzwecke illustrieren. Hierbei wird sowohl der Einsatz in schmalen Fluren dargestellt als auch die Schaffung von Sitzgruppen und Arbeitsbereichen für mehrere Personen als Möglichkeiten für individuelles Lernen und für die Arbeit in Kleingruppen außerhalb der Unterrichtszeiten, wie es heute an Ganztagschulen erforderlich ist. Die Sitzbereiche können durch akustische und optische Trennelemente und durch Pinnwände und White Boards ergänzt werden.

Ferner ist bei einer Wandmontage die Versorgung mit Strom durch bauseitig bereitgestellte Steckdosen vorgesehen, um elektronische Geräte anzuschließen und ggf. nachladen zu können oder auch um bei Bedarf eine Zusatzbeleuchtung anbringen zu können. Im Sortiment der Firma Hohenloher gibt es bereits entsprechende Produkte, die mit dem Möbelsystem kombiniert werden können. Die Ausführung als Stehtisch bietet eine Alternative zum Arbeiten im Sitzen, was aus ergonomischer Sicht vorteilhaft ist.

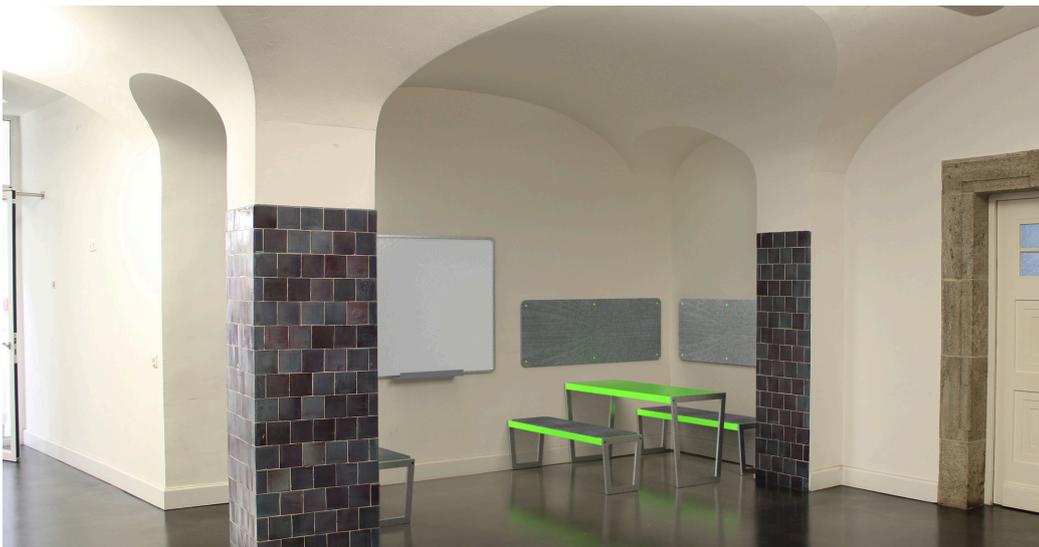
**Abb. 11:**  
**Elementkombination für Kleingruppen und Gruppenarbeit.**

Rendering von 2er- und 4er-Sitz-Tischkombinationen im Wechsel einseitig an Flurwand fixiert. Fluchtweg links 1,3 m breit. Bei einer Belegung der angrenzenden Räume mit 200 Personen, die diesen Bereich als Fluchtweg nutzen, sind 1,2 m gefordert. CAD-Visualisierung.



**Abb. 12:**  
**Elementkombination für Kleingruppenarbeit.**

Rendering von 2er-Sitz-Tisch-Kombination und 4er-Stehtischen im Wechsel beidseitig an Flurwand fixiert. Fluchtweg mittig, diagonal 1,4 m breit. CAD-Visualisierung



**Abb. 13:**  
**Nutzung von Flurnischen.**  
 Elementkombination für isolierte Gruppenarbeit mit Präsentationsmöglichkeit. Rendering einer 4-er-Sitz-Tischkombination mit Trennelement. Rückseitig Whiteboard mit Sitzbänken als Reihenbestuhlung für Präsentation in Kleingruppen. CAD-Visualisierung.

**Abb. 14:**  
**Nutzung von Flurnischen.**  
 Elementkombination für offene Kleingruppenarbeit. Rendering einer 4-er-Sitz-Tischkombination, 2-er-Sitzbänke und wandseitige Fixierung eines Whiteboards zwischen Sitzbänken und Sitzgruppe ermöglicht gleichzeitige Präsentation und Arbeiten. CAD-Visualisierung.



### 3.2.4 Überprüfung der ökologischen Nachhaltigkeit der Möbelkollektion

Die Möbelkollektion wurde dem Kooperationspartner Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie zur Überprüfung der ökologischen Nachhaltigkeit vorgelegt. Bewertet wurden dabei die Materialien, Verarbeitungsverfahren und Oberflächenbeschichtung wie auch die Konstruktion und die Materialvielfalt sowie der Materialeinsatz.

Die Gestaltung wurde überwiegend als ökologisch positiv bewertet. Bei der Materialwahl wurde Lärchenholz als Alternative zu Stahl und Formvlies empfohlen, da dies ebenfalls schwer entflammbar sei.

Ferner wurden als Oberflächenbeschichtung Feuerverzinken oder Brünieren als Alternativen zum Pulverbeschichten vorgeschlagen, da dies die Recyclingfähigkeit des Stahls verbessert.

Für die Trennbarkeit der Komponenten und der Materialien wurden die Verschraubungen als günstig angesehen, zusätzlich wird die Kennzeichnung der Materialien angeregt, bspw. in Form eines Recyclingpasses. Die gesamte Bewertung des Wuppertal Instituts findet sich in der Stellungnahme im Anhang des Berichts.

Die Stellungnahme des Wuppertal Institut wurde mit dem Kooperationspartner Hohenloher diskutiert und geprüft, welche Anregungen für die Produktentwicklung aufgenommen werden können.

In Bezug auf das Kriterium des Brandschutzes und das Ziel der Verwendbarkeit der Möbel in Fluren mit erhöhten Anforderungen an Materialien wurde bei der finalen Gestaltung an der Verwendung von Stahl und Formvlies statt dem vorgeschlagenen Lärchenholz festgehalten, da diese ohne chemische Flammschutzmittel nach DIN 4102-B1 zertifiziert sind. Auch war am Markt zum Zeitpunkt der Bearbeitung kein entsprechend zertifiziertes Lärchenholz erhältlich. Für den Einsatz in Fluchtwegen und damit den avisierten Einsatzzweck kommt es also nicht infrage, für Brandschutz unsensible Bereiche, etwa im Freien, könnte eine Variante mit Lärchenholz umgesetzt werden.

Die Empfehlung des Feuerverzinkens als Oberflächenbeschichtung wurde in der finalen Gestaltung aus ästhetischen Gründen zunächst nicht als einzige Variante favorisiert. Wie oben bereits beschrieben, ist die Akzeptanz am Markt eine grundlegende Voraussetzung für die Entwicklung eines Produkts. Aus Gründen breiterer Akzeptanz und Anwendungsmöglichkeiten der Möbel hielt Hohenloher ein Angebot farbiger Varianten für erforderlich. Für den Einsatz im Freien und für eine noch nachhaltigere Gestaltungsvariante ist jedoch das Verfahren des Feuerverzinkens angemessen. Das Feuerverzinken kann mit den gleichen Bauteilen aus Stahl durchgeführt werden. Aus formalästhetischen Gesichtspunkten wurde in diesem Punkt der Kompromiss eines ökologisch etwas weniger günstigen Verfahrens zugunsten der gesteigerten Akzeptanz eingegangen.

### 3.2.5 Herstellung von Prototypen

Die Entwicklung und Anfertigung der Prototypen wurden von der Firma Hohenloher ausgeführt. Wesentliche Veränderungen waren dabei die Streichung der Vorgabe, dass die Produkte immer an der Wand verschraubt werden sollen. Dies soll nach wie vor in Fluren erfolgen, in anderen Bereichen jedoch nicht zwingend für Statik und Kippsicherheit der Möbel erforderlich sein. Durch Verzicht auf

die Wandmontage wird ein bewegliches Möbel erhalten, was eine breitere Anwendung auch in Bereichen ermöglicht, die nicht als Fluchtweg dienen und in denen die Wandbefestigung folglich keine gesetzliche Vorgabe darstellt. In der Konsequenz müssen dadurch die Querschnitte der Stahlprofile verändert werden, um ein seitliches Schwingen der nicht fest mit der Wand verbundenen Möbel zu verhindern. Ferner muss die Kippstabilität verbessert werden, was durch eine Verbreiterung des Standfußes und ein Verlassen der V-Form der Gestelle erreicht wurde. Dadurch steigen geringfügig die Menge des einzusetzenden Stahls und somit das Gewicht. Auch gestalterisch ergibt sich eine andere, etwas solidere Anmutung, da die filigrane und schlichte Form der Beine nicht ganz beibehalten werden kann. Die Geometrie der Tisch- und Stuhlbeine wurde ferner so verändert, dass der einfache Ein- und Ausstieg bei einer Sitzgruppe auch ohne seitlichen Versatz von Tisch und Stuhl möglich ist. Dies wurde durch einen "Knick" im Tischbein erreicht. Zusätzlich zu den bereits entwickelten Varianten wurde zur Ergänzung der Möbelserie noch ein mehrstufiges Podest entwickelt, das auf der gleichen Grundkonstruktion und den identischen Materialien aufbaut. Damit können tribünenartige Sitzecken gebaut werden.

Die Prototypen von Tisch- und Stuhlelement wurden im Sommer 2020 fertiggestellt. Die Produktion von Prototypen der akustischen bzw. optischen Trennelemente wurde zunächst zurückgestellt. Diese sollen bei der Messepräsentation durch eine partiell mit dem Vliesmaterial ausgekleidete Wandnische ersetzt werden.



**Abb. 15:**  
**Prototyp Sitzelemente und Tisch**  
Fotografie in Wandnische



**Abb. 16:**  
**Detail Verschraubung.**  
Fotografie der Verschraubung von  
Sitzfläche aus Vliesmaterial mit der  
Rahmenkonstruktion.



**Abb. 17:**  
**Prototyp dreistufiges Podest.**  
Fotografie Vorderansicht.

#### Lehrveranstaltungen zu ergänzenden Fragestellungen

Ergebnisse der Recherche und Analyse des Forschungsprojektes waren Ausgangspunkt für Studien zur Ausstattung anderer Räume mit nachhaltigem Mobiliar und weiteren Themen der nachhaltigen Nutzung innovativer Lernräume. Diese wurden, um gleichzeitig den Wissenstransfer in die Lehre zu fördern, von studentischen Gruppen im Rahmen von Lehrveranstaltungen des dritten und vierten Fachsemesters durchgeführt. In den Lehrveranstaltungen zum Thema Ecodesign entwickelten Studentinnen und Studenten der HfG innerhalb eines Semesters folgende nachhaltige Konzepte für innovative Lernorte, digitale Medien und für den Messebau:

**Leichter Sicht- und Akustikschutz.** Er fungiert als Raumteiler und kann in Klassenräumen eingesetzt werden, um den Raum je nach Bedarf für verschiedenen Arbeitsformen zu segmentieren. Vliesstoff und Verbindungselemente sind aus dem gleichen Kunststoff gefertigt und dadurch sortenrein und einfach zu recyceln.

Studierende: Maor Bezner, Emily Tang, Johannes Ruf.

**Abb. 18:**  
Leichter Sicht- und Lärmschutz aus Formvlies. Fotos eines maßstabgetreuen Modells. Bildrechte bei den Studierenden.

(Copyrights: Maor Bezner, Emily Tang, Johannes Ruf)





**Tragbarer Safe.** Gegenstand zur sicheren und unbeaufsichtigten Verwahrung persönlicher Wertgegenstände, der an verschiedenen Stellen in der Schule mit einem "Panzerband" befestigt werden kann. Dem Konzept liegen die Anforderungen zugrunde, die ein häufiger Ortswechsel im Schulgelände und die längere Verweildauer an Ganztagschulen mit sich bringen.

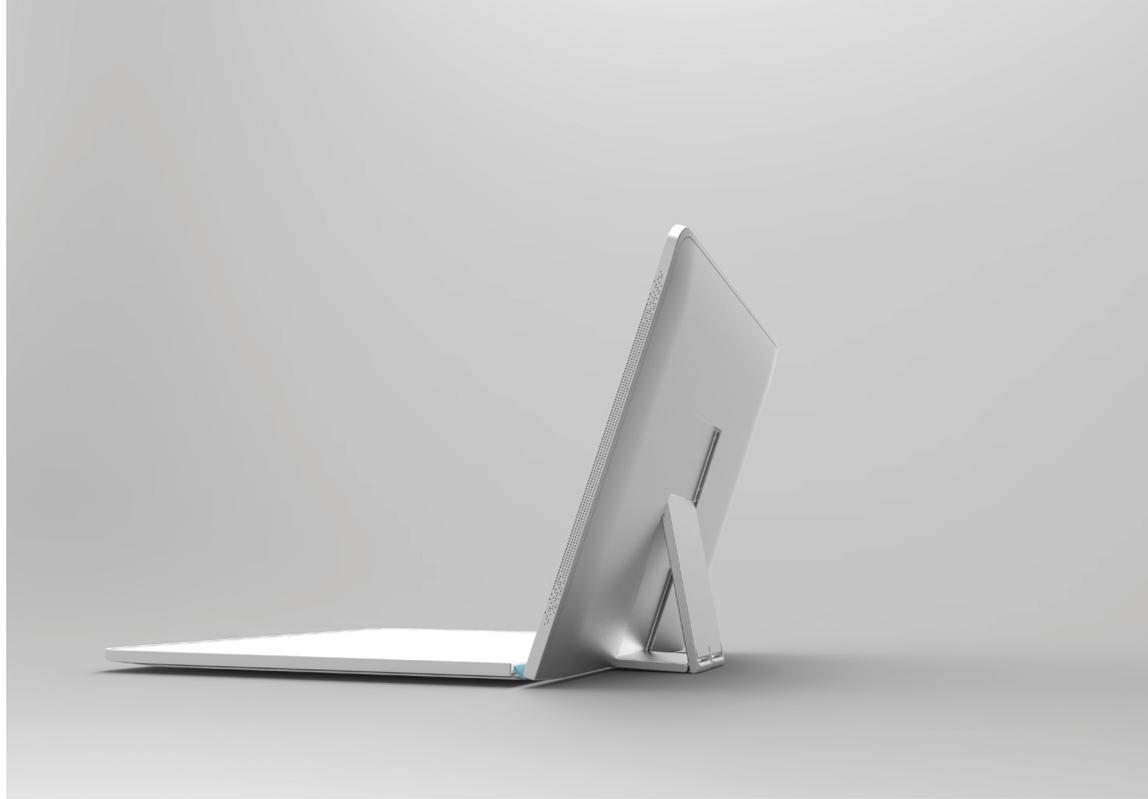
Studierende: Madita Ludwig, Anne Florence Merkle, Kristin Haßler, Michelle Uhl.

**Abb. 19:**

**Tragbarer Safe.** Oberes Bild: Foto eines maßstabgetreuen Modells. Rechtes Bild: CAD-Visualisierung.

(Copyrights: Madita Ludwig, Anne Florence Merkle, Kristin Haßler, Michelle Uhl)





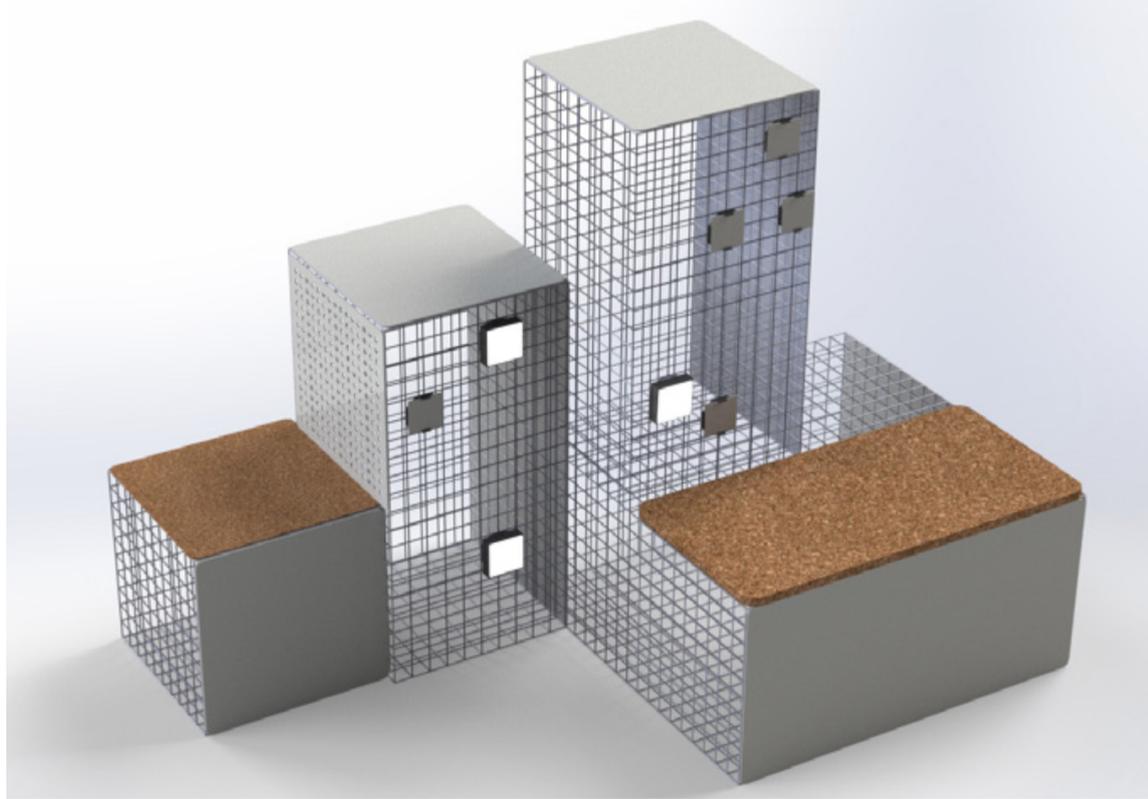
**Digitale Lernmittel.** Schwerpunkt lag hierbei auf die Reduzierung des Gewichts des Schulrucksacks und des Papiereinsatzes durch Einsparung insbesondere von Büchern mit Hilfe eines elektronischen Gerätes.

Studierende: Sara Fileppi, Jessica Zürn, Laura Höntsch.

**Abb. 20:**  
**Digitales Lernmittel.** Oberes Bild:  
Foto eines maßstabgetreuen  
Modells. Rechtes Bild: CAD-Visua-  
lisierung.

(Copyrights: Sara Fileppi, Jessica  
Zürn, Laura Höntsch)





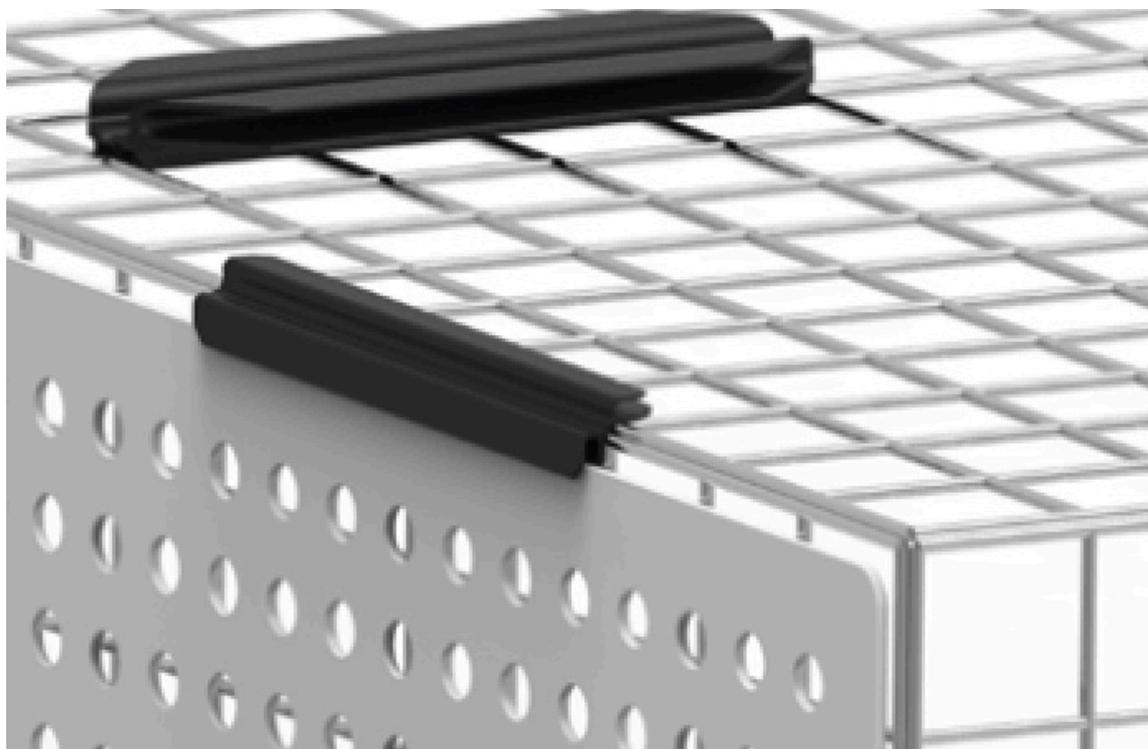
**Messestände aus handelsüblichem Halbzeug.** Untersucht wurde, ob sich Messestände aus Halbzeugen fertigen lassen, ohne diese zu verändern oder zu beschädigen. Die Komponenten können dann nach der temporären Nutzung als Messestand weiterverwendet oder ihrem ursprünglichen Einsatzzweck zugeführt werden. Allen Messebauprojekten gemeinsam war der Ansatz, eine hohe Wiederverwendbarkeit und Variabilität der Bauteile zu erreichen, um eine lange Nutzungsdauer zu erzielen. Entwickelt wurden Verbindungselemente, um die Halbzeuge in dreidimensionale Form zu bringen und zu gestalten. In diesem Beispiel werden Gabionengitter eingesetzt.

Studierende: Ana Caetano, Catherine Haentges, Alexandra Lieb, Lucia de Palma.

**Abb. 21:**

**Allready-Made**, Messestand aus Gabionengittern. CAD-Visualisierung.

(Copyrights: Ana Caetano, Catherine Haentges, Alexandra Lieb, Lucia de Palma)



## **4. Diskussion**

- 4.1 Leitfaden für die öffentliche Beschaffung nachhaltiger Raumausstattung für Schulen**
- 4.2 Nachhaltiges Schulmobiliar zur Nutzungsverdichtung in Schulfluren**

## 4.1 Leitfaden für die öffentliche Beschaffung nachhaltiger Raumausstattung für Schulen

Die Gewinnung des Landesamts für Umwelt Baden-Württemberg als Herausgeber und Partner für die Entwicklung und Verbreitung des Leitfadens spricht für die Relevanz des Themas und die Substanz der Projektergebnisse. Durch diese Möglichkeit werden Reichweite und Sichtbarkeit des Leitfadens deutlich erhöht. Als Publikation der Nachhaltigkeitsstrategie "Nachhaltig handeln" für das Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg in Kooperation mit dem Umweltministerium wird er digital im Internet und in gedruckter Form auf Messen und Informationsveranstaltungen verbreitet werden.

Die im Laufe des Projektes erarbeiteten Anforderungen der Beschaffung an einen Leitfaden für den Beschaffungsprozess unterscheiden sich deutlich von den Anforderungen der Hersteller an einen Leitfaden für die Planung und Entwicklung nachhaltiger Produkte. Während erstere stark an im Beschaffungsprozess abprüfbar Kriterien und einzelnen Verfahrensschritten dazu interessiert sind, benötigen letztere Hinweise zur ökologischen Materialwahl und Gestaltung sowie zu passenden Produktionsprozessen. Beides in einem Leitfaden zu vereinen würde diesen unnötig komplex machen und eher zu Verwirrung führen, daher wurde in Abstimmung mit den Projektpartnern entschieden, auf die öffentliche Beschaffung als ursprünglich im Zentrum der Betrachtung stehende Zielgruppe zu fokussieren.

Durch die zu Projektbeginn noch nicht vorgesehene und sich erst Mitte 2019 eröffnende Möglichkeit, den Leitfaden als Publikation der Nachhaltigkeitsstrategie "Nachhaltig handeln!" zu publizieren, hat sich der Zeitplan für den Leitfaden in der Endphase zunächst um vier Monate verschoben. Die inhaltliche Festlegung konnte jedoch in einer ersten Fassung im Rahmen des Projektes abgeschlossen werden.

Die grafische Umsetzung des Leitfadens wurde bis November 2019 in Abstimmung mit der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg durch den Projektleiter unterstützt von studentischen Hilfskräften erarbeitet. In der darauffolgenden Prüfung in der Behörde wurden durch Beteiligung eines erweiterten Entscheidungskreises Änderungen an der ursprünglichen Konzeption des Leitfadens angemeldet. Da zum Thema nachhaltige Beschaffung bereits eine allgemeine Einführung als Broschüre digital abrufbar ist, sollte auf eine allgemeine Einführung weitgehend verzichtet und stärker auf die Beschaffung von Schulmöbeln fokussiert werden.

Diese Arbeiten wurden im Jahr 2020 begonnen und durch den Projektleiter und Projektbeteiligte der Stadt Ludwigsburg und der Landesbehörde durchgeführt. Die neue Konzeption wurde im Juli 2020 an das Umweltministerium Baden-Württemberg zur abschließenden Prüfung übergeben. Die Freigabe durch das Ministerium ist noch nicht erfolgt, mit einer Publikation wird aber im ersten Quartal 2021 gerechnet.

## 4.2 Nachhaltiges Schulmobiliar zur Nutzungsverdichtung in Schulfluren

Es ist als großer Erfolg zu werten, dass die entworfenen Möbel vom Projektpartner Hohenloher nicht nur als Studie zur Kenntnis genommen wurden, sondern auch eine tatsächliche Umsetzung in Serienfertigung und Aufnahme in das Produktportfolio in Erwägung gezogen wird. Als Konsequenz wurden die Möbel nicht nur als Modell gefertigt sondern als Prototypen, die in Material und Herstellung in allen Details den späteren Serienprodukten entsprechen. Die dazu erforderlichen konstruktiven Vertiefungen erzeugten einen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Durch diesen Umstand und durch innerbetrieblich anderweitige Prioritäten beim Projektpartner Hohenloher sowie durch die Folgen der ab Frühjahr 2020 zunehmend die geregelte Arbeit einschränkenden Corona-Pandemie mussten der Zeitplan mehrfach verändert und das Forschungsprojekt verlängert werden. Die Prototypen konnten schließlich im April 2020 in einer ersten Fassung erstellt werden. Da die didacta auf Mai 2021 verschoben wurde, werden die Möbel nun dort erstmalig einer großen Öffentlichkeit vorgestellt.

Die Bewertung der Entwürfe nach Nachhaltigkeitsaspekten durch das Wuppertal Institut half dabei, Schwachstellen zu identifizieren und bereits gefundene gute Lösungen zu bestätigen. Materialien auf einer allgemeinen Ebene bzgl. ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten ist jedoch schwierig, da viele Stoffe erst eingeschätzt werden können, wenn das konkrete Material oder Halbzeug zum Einkauf festgelegt wurde. Hier müsste also streng genommen eine zweite Bewertung anhand des Produktes und aller Materialien entlang der Lieferketten vorgenommen werden. Dies war im Rahmen des Projektes nicht vorgesehen und wäre auch aus Gründen des sehr späten Zeitpunktes der Festlegung dieser Parameter im Projektverlauf nicht möglich gewesen. Eine solche Bewertung könnte durch Zertifizierung des Produktes bzw. der Produkte z. B. mit dem Blauen Engel nach Aufnahme der Serienproduktion erfolgen.

Die zunächst durch das Wuppertal Institut angedachte Einbindung einer studentischen Bachelor- oder Masterarbeit in den für das Institut vorgesehenen Aufgabenbereich konnte nicht durchgeführt werden.

Eine zum Projektbeginn noch nicht angestrebte zusätzliche Wirkung hinsichtlich der Nachhaltigkeit der Möbelkollektion ergibt sich durch ihre Nutzungsmöglichkeit in Bereichen mit hohen Brandschutzanforderungen, die bislang meist schlecht oder überhaupt nicht genutzt werden können. Die Möglichkeit, dadurch in Bestandsflächen hochwertige Arbeits- und Aufenthaltsbereiche zu schaffen, mindert den Druck auf Schulen, neue Flächen anzubauen oder anzumieten. Die dadurch erzielbaren monetären Einsparungen, aber auch Ressourceneinsparungen bei der Erstellung und Unterhalt zusätzlicher Flächen und Gebäude gehen als mittelbarer Effekt weit über die ökologischen Verbesserungen an den Möbeln selbst hinaus.

## 5. Öffentlichkeitsarbeit

Die Prototypen werden auf der didacta 2021, der größten europäischen Fachmesse der Bildungsbranche, in Stuttgart einem breiten Publikum bestehend aus Lehrerinnen und Lehrern, Erzieherinnen und Erziehern, Ausbilderinnen und Ausbildern sowie Vertreterinnen und Vertreter aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft präsentiert. Durchschnittlich rund 75 000 Besucher konnte die Messe in den vergangenen Jahren verzeichnen. Es wird jedoch vorab schon ein Pre-Launch der Kollektion mit entsprechender Pressearbeit erfolgen. Zusätzlich wird die Firma Hohenloher die Prototypen potenziellen Kunden vorstellen. Abhängig von der Marktreaktion wird dann über die Serienfertigung entschieden.

Im Rahmen der "Hohenloher Academy", einer vom Kooperationspartner initiierten und in der Branche bereits etablierten Dialog- und Schulungsplattform für Planer, Architekten und Schulen, wird Hohenloher den Leitfaden einsetzen.

<http://www.hohenloher.de/de/unternehmen/academy/>

Der Leitfaden wird auf der Webseite des Landesamts für Umwelt Baden-Württemberg im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie zum kostenlosen Download zur Verfügung gestellt unter:

<https://www.nachhaltigkeitsstrategie.de/kommunen/angebote/nachhaltige-beschaffung>

und: <https://pudi.lubw.de/>

Die Stadt Ludwigsburg als Projektpartner wird den Leitfaden erhalten und ihn in der Verwaltung einsetzen. Zusätzlich ist eine Präsentation der Ergebnisse und des Leitfadens im Rahmen des Städtetages Baden-Württemberg durch den Projektleiter der HfG in Kooperation mit der Stadt Ludwigsburg geplant, so bald diese Tagungen wieder stattfinden können.

Der Leitfaden wird ferner Interessensverbänden zur Verfügung gestellt, die bereits im Vorfeld des Projektes Interesse an den Projektergebnissen angemeldet haben, darunter die Deutsche Gütegemeinschaft Möbel, Arbeitskreis Umwelt und Gesundheit.

## 6. Fazit

Die Konzeption des Vorhabens, die Entwicklung eines exemplarischen Produktes zur Stärkung der Angebotsseite mit der Erarbeitung eines Leitfadens zur Beschaffung auf der Nachfrageseite zu kombinieren, hat sich in weiten Teilen bewährt. Durch die Verkettung der Angebots- und Nachfrageseite sind wesentliche Einblicke möglich geworden, Zusammenhänge konnten besser verstanden werden und in die Erarbeitung der Ergebnisse einfließen. Es konnten ferner Synergien genutzt werden, da Kriterien zur Gestaltung der Möbel auf den gleichen Prämissen beruhen, wie sie auch bei der Erstellung von Ausschreibungen und den eingeforderten Kriterien gelten müssten. Die Abstimmungsprozesse mit den beteiligten Partnern zur Erarbeitung waren jedoch letztlich zu komplex und die Entwicklungsphasen zu lang, um sie in der geplanten Projektlaufzeit vollständig abschließen zu können. Hauptursächlich dafür war, dass nicht nur die Grundvoraussetzungen für die Entwicklung eines Produktes geleistet wurden, sondern auch die weiteren Entwicklungsschritte und Iterationen bis hin zum Produktprototypen bzw. druckreifen Leitfaden begleitet wurden. Dies hat sich im Projektverlauf als notwendig erwiesen, war aber in der Planung nicht so weitreichend vorgesehen.

In dieser Situation hat das Ausscheiden der durch die Projektförderung an der Hochschule finanzierten wissenschaftlichen MitarbeiterInnen nach Ablauf der ursprünglich geplanten Projektlaufzeit die Projektleitung vor zusätzliche Herausforderungen gestellt. Für zukünftige Projekte wäre zu erwägen, ob die Bearbeitungszeit für eine Produktentwicklung und damit die Projektlaufzeit je nach Komplexität des Produktes auf insgesamt 24-36 Monate verlängert werden sollte, was auch branchenüblich wäre. Dadurch könnten alle Phasen betreut und auch die Umsetzung der im Projektverlauf erarbeiteten Entwürfe in die Produktion begleitet werden.

Diese Schwierigkeiten konnten jedoch überwunden werden und sowohl im Falle des Leitfadens als auch der entwickelten Möbelkollektion wurden die gesetzten Ziele erreicht und in Teilen auch übertroffen: Die Publikation des Leitfadens durch die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg als offizieller Ratgeber zum Thema nachhaltige Beschaffung und die Umsetzung der Entwürfe der Möbelkollektion als Prototypen mit einer Chance zur späteren Serienfertigung durch den Projektpartner Hohenloher übertreffen die zu Beginn in das Projekt gesetzten Erwartungen. Auch wenn die Bewährungsprobe am Markt noch aussteht, geben die Rückmeldungen der beteiligten Nutzer und Nutzerinnen berechtigten Anlass zur Hoffnung, dass die Ergebnisse des Projektes breite Akzeptanz und Anwendung finden und so einen Beitrag zu einer Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit in unseren Schulen leisten.

Besonders erfreulich waren das große Interesse und die intensive Beteiligung von Gaststudierenden aus dem europäischen und außereuropäischen Ausland an dem Studienprojekt ECO DESIGN. Sie werden die für sie häufig neuen Inhalte und Methoden in ihre Heimatinstitute tragen.



# Quellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Literaturangaben

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Entwurf Winkelement
- Abb. 2: Entwurf Raumteiler
- Abb. 3: Entwurf Frame
- Abb. 4: Entwurf Rondell
- Abb. 5: Entwurf Rack
- Abb. 6: Möbelkollektion für Schulflure
- Abb. 7: Tisch-Sitzbank-Kombination mit verlängertem Tisch
- Abb. 8: Konstruktionsdetail Verbindung Seitenteile mit Sitz- bzw. Abstellflächen
- Abb. 9: Trennwände aus unterschiedlich hohen Rahmenkonstruktionen
- Abb. 10: Detail Befestigung Vlieselemente
- Abb. 11: Elementkombination für Kleingruppen und Gruppenarbeit
- Abb. 12: Elementkombination für Kleingruppenarbeit
- Abb. 13: Nutzung von Flurnischen. Elementkombination für isolierte Gruppenarbeit mit Präsentationsmöglichkeit
- Abb. 14: Nutzung von Flurnischen. Elementkombination für offene Kleingruppenarbeit
- Abb. 15: Prototyp Sitzelemente und Tisch
- Abb. 16: Detail Verschraubung
- Abb. 17: Prototyp dreistufiges Podest
- Abb. 18: Leichter Sicht- und Lärmschutz
- Abb. 19: Tragbarer Safe
- Abb. 20: Digitales Lernmittel
- Abb. 21: Allready-Made, Messestand aus Halbzeug

## Literaturangaben

- 1) Vereinte Nationen (2015). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Resolution der Generalversammlung der Vereinten Nationen. A/RES/70/1.
- 2) Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestags (2018). Sachstandsbericht Nachhaltige Beschaffung im Vergaberecht, Umsetzung der Richtlinien 2014/23/EU, 2014/24/EU und 2014/25/EU. WD 7 – 3000 - 068/18.
- 3) Grossarth-Maticek, J; Kann, K.; Koufen, S. (2020). Privatschulen in Deutschland – Fakten und Hintergründe 2020. Statistisches Bundesamt, Destatis, (Hrsg.) Destatis Kontext. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Schulen/Publikationen/Downloads-Schulen/privatschulen-deutschland-dossier-2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Schulen/Publikationen/Downloads-Schulen/privatschulen-deutschland-dossier-2020.pdf?__blob=publicationFile).
- 4) TÜV Rheinland und Sentinel Haus Institut e. V. (Hrsg.) (2015). Abschlussbericht Modellprojekt „Gesunder Lebensraum Schule“. Köln/Freiburg: TÜV Rheinland und Sentinel Haus Institut.
- 5) Leiß, B. (2006). Die unterschätzte Gefahr. Wohnschadstoffe meiden, Belastungen beseitigen. MieterMagazin, Nr. 5. <http://www.berlinermieterverein.de/magazin/online/mm0506/050614.htm>. Zugriff 28.09.2017.
- 6) Werner, F. und Richter, K. (2007). Wooden Building Products in Comparative LCA. A Literature review. In: Int. J LCA, 12 (7), S. 470–479.
- 7) Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020). Statistische Berichte. Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. [https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische\\_Berichte/312619001.pdf](https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/312619001.pdf).
- 8) Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.) (2013). Empfehlungen für einen zeitgemäßen Schulhausbau in Baden-Württemberg. Grundlagen für eine Überarbeitung der Schulbauförder Richtlinien. Stuttgart/Überlingen: Institut für Schulentwicklung
- 9) Bund Deutscher Architekten BDA/Montag Stiftung/Verband Bildung und Erziehung (Hrsg.)(2017). Leitlinien für leistungsfähige Schulbauten in Deutschland. Bonn/Berlin: Creative Commons.
- 10) Schönig, W.; Schmidlein-Mauderer, C. (Hrsg.)(2013). Gestalten des Schulraums. Neue Kultur des Lernens und Lebens. Bern: hep.

- 11) Unger, N.; Brosch, A (2010). Didaktik und Raum - Lernformen und Raumstrukturen. In: Opp, G. und Brosch, A. (Hrsg.): Lebensraum Schule. Raumkonzepte planen - gestalten - entwickeln. Stuttgart: Fraunhofer IRB. S. 81-95.
- 12) Walden, R.; Borrelbach, S. (2002). Schulen der Zukunft. Gestaltungsvorschläge der Architekturpsychologie. Heidelberg: Assanger.
- 13) Tischner, U.; Moser, H. (2015). Was ist Ecodesign? Umweltbundesamt (Hrsg.).
- 14) Liedtke, C. et.al, (2013). Wuppertal Institute Designguide. Wuppertal Spezial 46. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg.).
- 15) Institut für den öffentlichen Sektor e. V. (Hrsg.)(2013). Kommunale Beschaffung im Umbruch. Seite 20.
- 16) ebenda, Seite 23 und 31.
- 17) ebenda, Seite 27.
- 18) Seydel, O. (2016). Das kleine Schulbaulexikon, Reallabor Stadt-Raum-Bildung. <https://stadt-raum-bildung.de/aktuell/das-kleine-schulbaulexikon/>

# Anhang

## **Kurzbericht:**

**Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung  
Kriterien und Gewichtung**

## **Stellungnahme:**

**Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung  
Bewertung des Entwurfs**

# Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung

Fokus: Raumausstattung und Schulmöbel

---

*von:*

*Paul Suski, Alexandra Kopaleyshvili und  
Katrin Bienge (Wuppertal Institut)*

*Jörg Saur, Stefanie Schneider und Prof.  
Matthias Held*

*(Hochschule für Gestaltung Schwäbisch-  
Gmünd)*

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Kriterien für einen Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Gewichtung</b>	<b>7</b>

## 1 Einleitung

Das Beschaffungswesen öffentlicher Einrichtungen ist bisher vor allem nach ökonomischen Kriterien ausgerichtet, der Anbieter mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis bekommt den Zuschlag auf eine Ausschreibung. Nachhaltigkeitsaspekte werden hierbei vernachlässigt. Dies ist im Hinblick auf die Agenda 2030 mit den ausformulierten Zielen, den Sustainable Development Goals, nicht mehr zeitgemäß und bedarf einer neuen Vorgehensweise. Nachhaltigkeitskriterien die für eine Ausschreibung von Möbeln in öffentlichen Gebäuden, wie zum Beispiel Schulen, relevant sein könnten, sollen in diesem Papier hergeleitet und vorgestellt werden. Die Zusammenstellung der verschiedenen Kriterien soll als eine Grundlage für einen Leitfaden für Beschaffer dienen. Da ideale Lösungen immer stark kontextabhängig sind, können hier oftmals jedoch nur Denkrichtungen und Beispiele vorgegeben werden und keine klaren Antworten für spezifische Fälle. Neben einer Auflistung und Beschreibung von Nachhaltigkeitskriterien, findet auch eine Gewichtung jener Kriterien nach den Umweltpotentialen statt.

## 2 Kriterien für einen Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung

Die Zusammenstellung der Nachhaltigkeitskriterien für den Leitfaden wurde in einem dreistufigen Verfahren hergeleitet. Als erstes wurden in einer Recherche Nachhaltigkeitskriterien allgemein für Produkte und Produktion und speziell für Möbel zusammengestellt. Hier wurden 39 Kriterien ermittelt. In einem zweiten Schritt wurden die identifizierten Kriterien in Kategorien sortiert und thematisch ähnliche Kriterien zusammengefasst, um eine handhabbare Kriterienliste zu erzielen. Außerdem wurden die Kriterien auf die Nützlichkeit für Beschaffer überprüft und gegebenenfalls gestrichen. So ist zum Beispiel die Berücksichtigung externer Kosten ein wichtiger Ansatz um Nachhaltigkeitspotentiale zu heben, jedoch kann dies nicht über die öffentliche Beschaffung initiiert werden ohne weitere politische Rahmen. Als dritter Schritt wurde eine Gewichtung der Kriterien durchgeführt, um besonders umweltrelevante Kriterien zu identifizieren, damit diese bei Ausschreibungen besonders berücksichtigt werden. Die Liste kann als Leitfaden gesehen werden, welcher Kriterien enthält, die bei der Ausschreibung von den Herstellern abgefragt werden können. Langfristig kann so die Nachfrage nach umweltschonenden Produkten zu einem größeren Angebot seitens der Hersteller führen.

Der Kriterienkatalog ist in vier Kategorien gegliedert: Produktdesign, Materialeigenschaften und Schadstoffemissionen, Produktionsbedingungen und Distribution/Verpackung. Die Kategorie Produktdesign umfasst sieben Unterpunkte, welche allein auf die Gestaltung des Produkts eingehen. Die vorgeschlagenen Kriterien sind schon in der Planung des Produktdesigns zu beachten. Diese Kriterien zielen darauf ab, dass Produkte zeitlos, wenig komplex, multifunktional, normiert, langlebig und recyclingfähig gestaltet sind. Diese Gestaltungsansätze sollen verhindern, dass Schulmöbel eine zu kurze Lebensdauer haben und am Lebensende unnötigen Abfall verursachen. Von Schulmöbeln, die unabhängig von Trends designt werden, wird erwartet, dass diese länger genutzt werden, da über Jahre hinweg der Stil aktuell und somit nicht als störend empfunden wird, was zu einer längeren Nutzdauer und mehr Akzeptanz führt. Zudem sollen die Möbel aus möglichst wenigen Bestandteilen bestehen, was sich positiv auf den Reparaturaufwand und einfachere Trennbarkeit im Recycling auswirkt. Der Reparaturaufwand kann außerdem durch normierte Be-

standteile weiter verringert werden, diese werden über einen langen Zeitraum hergestellt, wodurch die Verfügbarkeit besser gewährleistet wird als bei nicht genormten Ersatzteilen. Durch ein „flexibles“ (multifunktionales) Design können die Möbelstücke je nach Situation angepasst werden, was die Beschaffung zusätzlicher Möbel in manchen Fällen überflüssig machen könnte. Ein weiterer Ansatz, um die Nutzungsdauer der Möbel zu verlängern, ist die Wahl der verwendeten Materialien. Diese sollten möglichst langlebig sein und den Anforderungen an Stabilität erfüllen. Deshalb sollte den Beschaffern Pflegehinweise zu den Möbeln bereitgestellt werden.

Die zweite Kategorie schlägt Kriterien vor, welche auf die Materialeigenschaften und Schadstoffemissionen der Möbelstücke abzielen, da besonders im schulischen Umfeld beim Umgang mit Kindern auf sichere Inhaltsstoffe geachtet werden muss. So können im Ausschreibungsprozess gezielt Schadstoffe z.B. in Lacken abgefragt werden. Seitens der EU gibt es die PIC-Verordnung, die den Gebrauch bestimmter Chemikalien als unzulässig einstuft, sodass im Ausschreibungsprozess auf diese Liste verwiesen werden kann. Auch das Ausgasungsverhalten und Halbwertszeiten der chemischen Produkte sollten dem Hersteller bekannt sein und Informationen diesbezüglich transparent gemacht werden. Neben den chemischen Materialeigenschaften sollten auch soziale Aspekte der Rohstoffherkunft eindeutig sein, wodurch Konfliktrohstoffe vermieden werden können. Insgesamt können auch bestimmte Produktsiegel gefordert werden, wodurch zertifizierte Ware nach festgelegten Standards beschaffen werden kann. Hier sollte besonders auf transparente und etablierte Siegel geachtet werden.

Mit der dritten Kategorie können Anforderungen an nachhaltige Produktions- und Arbeitsbedingungen gestellt werden. Durch die DIN 14001 und EMAS wird das Umweltmanagement in Betrieben genormt, wodurch die Anforderungen klar definiert sind. Innerhalb der Produktionsstätte soll auf den Arbeitsschutz der Mitarbeiter und Einhaltung der gesetzlichen Grenz- und Richtwerte geachtet werden (z.B. Arbeitsplatzgrenzwerte - AGW). Zusätzlich wurde als Kriterium auch die Fairness am Arbeitsplatz mit reingegenommen, um die soziale Gerechtigkeit im Produktionsprozess sicherzustellen.

In der letzten Kategorie „Distribution/Verpackung“ werden CO<sub>2</sub>-neutraler Versand, kurze Transportwege (regionale Zusteller) und umweltfreundliche sowie chemisch ungefährliche Verpackungsmaterialien als Unterpunkte vorgestellt. Zudem sollte das Verpackungsdesign stapelbar sein, damit der Transportraum effizient genutzt werden kann.

Teilweise kann es zwischen den Kriterien zu Zielkonflikten kommen, z. B. bestehen verschweißte Stuhlgestelle aus nur einem Bauteil und sind potentiell langlebig. Jedoch ist das Gestell im Falle einer Beschädigung und einer nötigen Reparatur durch die Schweißnähte nur im Ganzen zu ersetzen. Außerdem wird der Transport durch die komplexe Form ineffizient. Die Gewichtung kann hier eine Orientierung geben, jedoch keine allgemeingültigen Antworten in solchen Fällen.

**Tabelle 1: Kriterien für die Beschaffung nachhaltiger Möbel**

Kategorie	Kriterium	Beschreibung
Produktdesign	Zeitlose Gestaltung	Gestaltung des Produktes soll unabhängig von Trends und Modifarben erfolgen, damit das Produkt über eine möglichst lange Zeit genutzt wird. Dabei sollte auf klare Formen sowie schlichte statt modische Gestaltung gesetzt werden, am besten ohne aufwändige Details und Elemente, die keine Funktion haben.
	Materialgerecht	Wahl der Materialien für das Produkt sollte sowohl in der Fertigung, als auch in der Nutzung sicher und funktional sein. Beispiel: Chrom vs. Pulverbeschichtung bei Stapelstühlen (Kratzbeständigkeit, Schadstoffe bei Fertigung). Gestaltungsgrundsatz: So viel Material wie konstruktiv nötig, so wenig wie möglich, natürlich ohne dass die Qualität darunter leidet.
	Komplexität	Berücksichtigung bei der Gestaltung des Produktes, dass das Produkt aus möglichst wenigen Einzelteilen und Materialien bestehen soll, so können Transportwege (weniger Kosten; ökologischer) eingespart werden und die Reparatur oder der Ersatz von Teilen ist einfacher zu handhaben.  Gleiches gilt für die gute Trennbarkeit von Bestandteilen, da dies nicht nur die Reparatur/ den Ersatz erleichtert, sondern im Falle der Entsorgung auch das Recycling (bessere Trennbarkeit → weniger Energieaufwand beim Recycling → besser für die Umwelt). Je einfacher ein Produkt gestaltet ist, desto weniger Spezialwerkzeug und Expertise werden gebraucht, wodurch Kosten, Zeit und Aufwand eingespart werden.
	Flexibilität	Multifunktionale Produkte entwickeln z.B. Stühle mit Verstaumöglichkeit durch Klappfunktion oder Stapeln. Auch Anpassung an verschiedene Einsatzbereiche miteinbeziehen z. B. Tische (Gruppe, Einzel, Kleingruppe, Mensa, Aula...), die an verschiedene Umstände angepasst werden können (Vorführung, Konzert, Workshop, Seminar).  Produkteigenschaften: modular, kombinierbar, mobil
	Normteile	Einsatz von Normteilen bei den Produkten ermöglicht einfachen und kostengünstigen Einsatz sowie Austausch von Einzelteilen im Falle einer Reparatur. Einsparung von Kosten und Zeit, da auf Sonderanfertigungen verzichtet wird. Zudem wird gewährleistet, dass die Normteile über einen langen Zeitraum verfügbar sind, was Sicherheit in der Beschaffung verspricht.
	Abfallverwertung	Recyclingfähigkeit der Materialien/Produkte muss im Produktdesign bedacht werden. Dabei kommt es besonders auf die Trennbarkeit der Materialien und deren Kennzeichnung an. Möglichkeiten zur Wiederverwertung oder des Upcycling der Produkte evaluieren (bestehen Möglichkeiten das Produkt/Möbelstück anderweitig zu verwenden? Kann es durch einfache Handgriffe umfunktioniert werden?)  Hinterfragen: Sind die vorhandenen Recycling-Systeme nachhaltig?  Bewusstsein für die Abfallhierarchie schaffen: Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwertung, Recycling, (thermische) Verwertung, Beseitigung (Deponie).

	Langlebigkeit	Anforderungen an Materialien sollten die Stabilität und Robustheit beinhalten. Je robuster ein Material ist, desto länger ist die Nutzdauer, was die Neuananschaffung immer seltener werden lässt und zur Ressourcenschonung beiträgt. Es müssen vom Hersteller Informationen über Pflege und Instandhaltung bereitgestellt werden, um die Lebensdauer zu erhöhen.
Material-eigenschaften und Schadstoff-emissionen	Ausgasung von Materialien	Es sollten Materialien/Produkte ausgesucht werden, bei denen das Ausgasungsverhalten bekannt ist und keine Gefahr bei der Nutzung besteht. Materialausgasungen können durch Füge- und Produktionsverfahren entstehen, besonders betrifft es Kunststoffe, Wand- und Bodenbeläge sowie Holz (Beschichtungen: Terpene)  Liste: Ausgasung in der Kunststoffverarbeitung: <a href="https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/Archiv_bcp/Kunststoffschweissen.pdf">https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/Archiv_bcp/Kunststoffschweissen.pdf</a>
	Berücksichtigung der PIC Verordnung	Materialien/Produkte dürfen keine Chemikalien der „PIC Verordnung“ der EU enthalten. Die Verordnung regelt die Ein- und Ausfuhr bestimmter gefährlicher Chemikalien. Während des Ausschreibungsprozesses sollten von den Herstellern fordern, dass sich diese Chemikalien nicht in den Produkten befinden. Besonders muss dies bei Importen aus nicht EU-Staaten genau berücksichtigt werden, da dort oftmals andere Bestimmungen gelten.  Liste: <a href="https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/pic/chemicals">https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/pic/chemicals</a>
	Produktsiegel	Es können Zertifikate oder Gütesiegel von Herstellern gefordert werden. Dabei sollte die Bandbreite der unterschiedlichen Labels bekannt sein und es sollte sich auf einige beschränkt werden, die wirklich transparent und nachhaltig sind. Für weitere Informationen zu Siegeln und Labels kann der Onlinedienst „Siegelklarheit“ ( <a href="http://www.siegelklarheit.de">www.siegelklarheit.de</a> ) genutzt werden. Mögliche Qualitätssiegel sind: Blauer Engel, FSC-Siegel, Siegel Öko-Control, natureplus, Cradle to Cradle, eco-INSTITUT-Label, SCS Indoor Advantage™, GREENGUARD, Emissionslabel.  z.B. Siegel für Holz : <a href="https://www.siegelklarheit.de/home#holz">https://www.siegelklarheit.de/home#holz</a>
Produktionsbedingungen	Herkunft des Rohstoffs	Die Beschaffung von Produkten/Materialien mit Konfliktmineralen/-rohstoffen sollte vermieden werden, da diese im Zusammenhang mit Menschenrechtsverletzungen im Abbauggebiet einhergehen. Dazu braucht es die Kenntnis der politischen Situation im Exportland. Es gibt eine EU-Verordnung von 2017 zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette von Zinn, Tantal, Wolfram und deren Erzen sowie Gold ( <a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32017R0821">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32017R0821</a> )
	Umweltmanagement	Unternehmen können über Zertifikate zum eigenen Umweltmanagement abgefragt werden. Es gibt die ISO 14001 sowie die EMAS Normen, die das Umweltmanagement in einem Unternehmen regeln. Dabei geht es um Stromverbrauch, Ressourcenverbrauch, Strategie zu Einsparungen, Einsatz erneuerbarer Energien, Abwasservermeidung und Brauchwasserreduktion.
	Fairness am Arbeitsplatz	Die Produktionsbedingungen sollten fair und sozial sein. Es dürfen keine Menschenrechtsverletzungen am Arbeitsplatz stattfinden. Der Arbeitgeber muss für ausreichende Sicherheitsvorkehrungen sorgen, außerdem ist ein Betriebsrat wichtig, welcher sich für die Belange der Arbeiter einsetzt.

	Verarbeitung und Arbeitsschutz	<p>Verarbeitung/Produktionsverfahren eines Produktes sollten bezüglich gesetzlicher Arbeitsschutzvorgaben und -bedingungen (DIN ISO 45001) überprüft werden.</p> <p>Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz der Deutschen Unfallversicherungen (GUV-Regeln)</p> <p>Überprüfung der MAK/AGW-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration /Arbeitsplatzgrenzwerte)</p> <p>Mitarbeiterschulungen und Einhaltung von Pausen sollten stattfinden</p>
Distribution und Verpackung	Transportaufwand	<p>Regionale Zusteller bevorzugen und auf klimaneutralen Versand achten. Ausschreibungen auf bestimmte Regionen beschränken, um den Transportaufwand und somit CO<sub>2</sub>-Emissionen durch LKW/ Schiff/ Bahn gering zu halten.</p> <p>Weitere Möglichkeiten des nachhaltigen Transports z.B. Radkuriere, keine Expresssendungen, Pack-Maß (Montage am Einsatzort).</p>
	Verpackung und Ausgasung	<p>Verpackung der Produkte sollte so minimal wie möglich gestaltet werden, jedoch vor Bruch schützen. Dabei bevorzugt recyceltes Material verwenden (z. B. Verpackung, die vom Blauen Engel zertifiziert sind). Auch bei den Verpackungen darauf achten, dass keine gefährlichen Chemikalien enthalten sind und wie sie das Ausgasungsverhalten beeinflussen (z.B. luftdichte Verpackungen). Bei Möglichkeit Verwendung intelligenter/stapelbarer Verpackungen, wodurch eine effizientere Nutzung des Transportraums erfolgen kann, was zu weniger Emissionen durch geringeren Transportaufwand führt.)</p>

### 3 Gewichtung

Da 16, teilweise schwierig zu bewertende, Kriterien zu viel sind, um diese für jede Ausschreibung genau zu berücksichtigen, wurde eine allgemeine Gewichtung der Kriterien durchgeführt. Diese Priorisierung soll einer allgemeinen leichteren Orientierung dienen, ohne den Anspruch, dass sich strikt danach gerichtet werden soll. So können zum Beispiel kurze Transportwege für große sperrige Produkte relevanter sein als für kleine, effizient transportierbare Produkte. Die Gewichtung wurde von vier Experten im Bereich der quantitativen Umweltbewertungen am Wuppertal Institut durchgeführt. Diese wurden gebeten die Umweltrelevanz der jeweiligen Kriterien mit einer Zahl zwischen 1 und 3 zu bewerten (1: niedrige Relevanz, 2: mittlere Relevanz, 3: hohe Relevanz). Anschließend wurde ein Mittelwert aus vier Bewertungen für jeden Unterpunkt gebildet. Wichtig anzumerken ist, dass hierbei nur die Umweltauswirkung und nicht soziale oder wirtschaftliche Folgen bewertet wurden. Dementsprechend ist z. B. Arbeitssicherheit als niedrig eingestuft worden, da hier soziale Aspekte im Fokus stehen. Große Abweichungen zwischen den vier Experten gab es vor allem in der Kategorie Distribution und Verpackung. Rücksprachen haben ergeben, dass vor allem unterschiedlich große Möbelstücke assoziiert wurden, welche, wie bereits oben beschrieben, eine unterschiedliche Umweltrelevanz bedeuten. Zudem wurden die Designaspekte Flexibilität, Komplexität und zeitlose Gestaltung zum Teil sehr unterschiedlich bewertet. Bei der Flexibilität hängt der Umweltnutzen von der tatsächlich genutzten Flexibilität der Möbel ab und den daraus entstehenden Substitutionen anderer Möbel. Hier bestehen Unklarheiten inwieweit dies realisiert werden kann. Beim Kriterium zeitlose Gestaltung ist die Frage ob bisher Möbel tat-

sächlich aus modischen Gründen aussortiert werden und ob hier eine weitere Vorgabe tatsächlich Nutzen bringen kann. Auch bei der Ausgasung von Materialien waren sich die Experten in der Bewertung nicht einig, was auf die sehr unterschiedlichen Schadstoffe und Verhalten zurückzuführen wäre. Alle Bewertungen und der Durchschnitt sind in Tabelle 2 dargestellt.

Es wird deutlich, dass die Langlebigkeit als das Kriterium mit der höchsten Umweltrelevanz eingestuft wurde. Zudem ist die Abfallverwertung und die Zertifizierung durch Produktsiegel als hoch relevant eingestuft worden. Auch dem internen Umweltmanagement wird eine hohe Umweltrelevanz zugesprochen. Die Materialgerechtigkeit und Berücksichtigung der PIC Verordnung wird im Bereich zwischen mittlerer und hoher Relevanz eingestuft. Die Erfüllung aller als wichtig eingestuften Kriterien ist wahrscheinlich nur schwer seitens der Beschaffer zu gewährleisten, zumal auch wirtschaftliche Aspekte in der öffentlichen Beschaffung weiterhin eine zentrale Rolle spielen. Somit kann diese Bewertung nur einen Anhaltspunkt darstellen, was die Experten des Wuppertal Instituts als wichtig erachten und diese Empfehlung kann ganz oder nur teilweise in die Anforderungen für Schulmöbel bei Ausschreibungen einfließen.

**Tabelle 2: Bewertungen der Umweltrelevanz der Nachhaltigkeitskriterien (anonymisierte Angaben, rot: hohe Relevanz; hellrot: mittlere bis hohe Relevanz). Eigene Darstellung**

Kategorie	Kriterium	Person 1	Person 2	Person 3	Person 4	Durchschnitt
<b>Produktdesign</b>	Zeitlose Gestaltung	2	2	3	1	2,0
	Materialgerecht	2	2	3	2	2,25
	Komplexität	1	3	2	2	2,0
	Flexibilität	3	1	1	3	2,0
	Normteile	1	2	1	2	1,5
	Abfallverwertung	2	3	3	3	2,75
	Langlebigkeit	3	3	3	3	3,0
<b>Materialeigenschaften und Schadstoffemissionen</b>	Ausgasung von Materialien	1	2	2	3	2,0
	Berücksichtigung der PIC Verordnung	3	2	2	3	2,5
	Produktsiegel	2	3	3	3	2,75
<b>Produktionsbedingungen</b>	Herkunft des Rohstoffs	1	1	1	2	1,25
	Umweltmanagement	2	3	3	3	2,75
	Fairness am Arbeitsplatz	1	1	1	1	1,0
	Verarbeitung / Arbeitsschutz	1	1	1	1	1,0
<b>Distribution und Verpackung</b>	Transportaufwand	1	3	3	1	2,0
	Verpackung und Ausgasung	1	2	3	1	1,75

# Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung

Fokus: Raumausstattung und Schulmöbel



*von:*

*Konrad Schoch, Paul Suski und  
Katrin Bienge (Wuppertal Institut)*

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>1</b>
<b>1 Hintergrund</b>	
<b>2 Ziel</b>	<b>3</b>
<b>3 Bestandsaufnahme und Bewertung</b>	<b>3</b>
3.1 Werkstoffe	3
3.2 Verbindungstechnik	6
3.3 Konstruktion	7
3.4 Fertigung	7
3.5 Kontext	8
<b>4 Empfehlungen</b>	<b>8</b>
<b>5 Quellenverzeichnis</b>	<b>9</b>

## 1 Hintergrund

Im Forschungsprojekt der Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd ‚Nachhaltige Raumausstattung am Beispiel Schulmöbel‘ wird eine Möbelkollektion gestaltet. Als Flurmöblierung in Schulen wird diese im halböffentlichen Raum zum Einsatz kommen. Die Fertigung übernimmt die Firma Hohenloher. Mit konkreten Vorstellungen zur Möbelkollektion richtet sich die Hochschule für Gestaltung Schwäbisch Gmünd mit dem Anliegen um das Verfassen einer Stellungnahme an das Wuppertal Institut.

## 2 Ziel

Die Stellungnahme des Wuppertal Institut beschreibt und bewertet die Möbelkollektion auf Grundlage des zuvor ausgearbeiteten ‚Leitfaden für die nachhaltige öffentliche Beschaffung‘. Der Schwerpunkt liegt auf der Kategorie Produktdesign hinsichtlich recyclinggerechter Gestaltung. Es werden zusätzlich Impulse aufgezeigt und Gedanken formuliert, die als Grundlage für weiterführende Diskussionen dienen können. Die Stellungnahme reflektiert die Möbelkollektion im Kontext der Anwendung – als Flurmöblierung im halböffentlichen Bereich.

## 3 Bestandsaufnahme und Bewertung

Die Bestandsaufnahme gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Werkstoffe
- Verbindungstechnik
- Konstruktion
- Kontext

### 3.1 Werkstoffe

Die Möbelkollektion besteht aus vier Komponenten:

- Sitzbank mit Formvlies-Auflage
- Tisch
- Wandtrennung mit Formvlies
- Wandelement Formvlies

Die Komponenten unterscheiden sich hinsichtlich Werkstoffauswahl und Verbindungstechnik nicht wesentlich. Sie bestehen aus mindestens einem von drei Grundwerkstoffen und einheitlicher Verbindungstechnik. Die Bestandsaufnahme und Analyse wird dadurch vereinfacht und betrachtet deshalb die Kollektion als ein Objekt.

Die verwendeten Werkstoffe werden im Folgenden einzeln diskutiert.

#### Stahl

Für die Umsetzung der Möbelkollektion stehen verschiedene Stahlsorten zur Verfügung: S235 JRM, S235JR, DC01, S355MC und E235S2. Es handelt sich um unlegierte Qualitätsstähle. Auf Grund der technischen Möglichkeiten für ihr Recycling, gehören sie zu den metallischen Werkstoffen mit guter Recyclingfähigkeit. Die möglichen metallurgischen Prozesse zum Recycling werden im ‚Metal-Wheel‘ (vgl. International Panel for Sustainable Resource Management 2013: 15) grafisch dargestellt. Hier wird ersichtlich, was mit den Inhaltsstoffen von Werkstoffen passiert, wenn sie ihre Ver-

hüttungsprozesse erreichen. Weil Schrott und Roheisen für die Stahlerzeugung gemeinsam verarbeitet werden, dürfen unlegierte Stähle einen maximal zulässigen Gehalt an Begleitelementen nicht übersteigen. Die Verunreinigungen in den Stahlqualitäten würden sonst unzulässig werden (vgl. Goldmann und Martens: 126). Die für die Möbelkollektion verwendeten unlegierten Stähle übersteigen die maximal zulässigen Werte (vgl. Fischer et al.: 126) nicht. Dem ‚Metal-Wheel‘ folgend, sind die genannten Stahlsorten zudem mit ihren Verhüttungsprozessen kompatibel: Das Hauptlegierungselement Eisen kann beim Recycling zurückgewonnen werden. Ihre Recyclingfähigkeit auf der Werkstoffebene ist deshalb sehr gut. Gleichwohl ist darauf hinzuweisen, dass kein Werkstoff zu 100% recyclefähig ist. Selbst bei unlegierten Stählen kommt es zu Dissipationen der Spurenelemente.

*Impulse:*

- Aus unserer Sicht eignen sich alle genannten Stahlsorten für die Umsetzung der Möbelkollektion. Hinsichtlich Recyclingfähigkeit ist insgesamt hervorzuheben, dass unlegierte Stähle für die Konstruktion der Möbelkollektion gut geeignet- und absolut ausreichend sind. Es handelt sich um robuste und langlebige Werkstoffe. DIN4102 folgend sind sie nichtbrennbar und deshalb durchaus sinnvoll im Kontext für Möbel im halböffentlichen Raum.

### **Pulverbeschichtung**

Auf den unlegierten Qualitätsstahl wird ein Pulverlack auf Epoxid-Polyester-Basis aufgetragen. Dieser ist in vielen verschiedenen Farben erhältlich. Pulverbeschichtete Oberflächen sind leicht zu reinigen. Auf den glatten Oberflächen können Schmutz und Fette nicht gut haften. Zudem bietet die Oberflächenbeschichtung Schutz vor Korrosion und leichtem Zerkratzen.

*Bedenken:*

Grundsätzlich ist zu bedenken, dass Beschichtungen im Recyclingprozess zusätzliche Kosten verursachen können oder die Qualität des Schrottes reduzieren. Prinzipiell gilt: Je reiner die Werkstoffe, desto attraktiver sind sie für das Recycling. Jede Form von Fremdstoffen in der Metallschmelze, beeinflusst die Qualität auf irgendeine Art und Weise. Weil die Pulverbeschichtung das Trägermaterial – den unlegierten Stahl – mindestens unkenntlich macht, wird das Identifizieren und Zuordnen in den passenden Recyclingpfad – die Stahlschmelze – erschwert und erfordert mehr Zeit.

*Impulse:*

Wir befürworten deshalb das Diskutieren über alternative Beschichtungsverfahren für Stahl im Anwendungsbereich der Möbelindustrie für den halböffentlichen Raum und möchten mit zwei Beispielen Anstoß dafür geben:

- Es gibt verschiedene Beschichtungsverfahren für Stahl, die zum Teil auf metallurgischen Prozessen basieren und deshalb als echte Alternative zum Pulverlack in Betracht kommen könnten. So wird bspw. beim *Feuerverzinken* der Stahl in eine Schmelze aus Zink getaucht und so dauerhaft vor Korrosion geschützt. In den Recyclingprozessen verdampft das anhaftende Zink, wird in der Gasphase oxidiert und im Filterstaub abgeschieden (vgl. Grund 2015) – Beide Elemente: Eisen und Zink können zurückgewonnen werden.

- Ebenfalls kompatibel zu den Verhüttungsprozessen erscheint das *Brünieren* (vgl. Blessing) – hier werden die entsprechenden Werkstoffe aus unlegiertem Stahl in siedende, alkalisch-oxidierende Lösungen getaucht, sodass sich schwarze Eisenoxide bilden. Ein zusätzliches Ölen verhilft der abriebfesten Oberfläche zu besserer Korrosionsbeständigkeit.

### Formvlies

Laut Herstellerangaben handelt es sich bei dem verwendeten Formvlies um „100%ig recyclingfähige Polyesterfasern“ (siehe: Produktinformation Lanisor). Die Textiles & Flooring Institute GmbH sieht von einer Prüfung der Zusammensetzung ab und verweist auf die Herstellerangabe (=100% Polyester). Das verwendete Formvlies erfüllt dem TFI-Bericht folgend sämtliche Kriterien der Emissionsprüfung. Zusätzlich ist es dem Hersteller folgend nach DIN EN 13501-1 nur schwer entflammbar.

Während der Nutzungsphase ist das Formvlies aus humantoxikologischer- und brandschutztechnischer Sicht gut geeignet für eine Verwendung im öffentlichen Raum. Zusätzlich punktet es mit haptischen- und ergonomischen Qualitäten.

#### *Bedenken:*

- Das verwendete Formvlies erfüllt dem TFI-Bericht folgend sämtliche Kriterien der Emissionsprüfung: Während der Nutzungsphase ist es aus humantoxikologischer Sicht deshalb gut geeignet für eine Verwendung im halböffentlichen Raum. Jedoch kann es – in Abhängigkeit der tatsächlich enthaltenen Polymere – bei den Prozessschritten vor der Nutzungsphase in der Kunststoffverarbeitung durch Füge- und Produktionsverfahren verstärkt zu gesundheitsschädlichen Ausgasungen kommen (vgl. Leitfaden).
- In seiner Produktinformation verweist der Hersteller auf die empfindliche Oberfläche des Werkstoffes. Demnach empfiehlt er „beim Handling sowie bei der Montage stets mit sauberen weißen Baumwollhandschuhen zu arbeiten“, sowie „Verschmutzungen (...) immer sofort zu behandeln“ (vgl. Produktinformation Lanisor). Es ist durchaus davon auszugehen, dass es gerade im halböffentlichen Kontext nicht zu einem sofortigen Säubern der Möbelkollektion durch die Nutzenden kommt. Darüberhinaus ist das Formvlies – vor allem als Sitzgrund auf der Bank – verstärkt Reibung während der Nutzung ausgesetzt. Es kommt vermutlich zu schnellen Abnutzungserscheinungen und die Lebensdauer im Vergleich zu Stahl ist kurz. Vor diesem Hintergrund ermöglicht eine leicht lösbare Verbindungstechnik zwischen Formvlies und Stahl das einfache Auswechseln des Formvlies, welches ferner durch eine dunkle Farbgebung („Farbe 4801 – anthracite“) besser vor Verschmutzungen geschützt wäre (vgl. Produktinformation Lanisor). Um spezifische Angaben zu einer Recyclingfähigkeit geben zu können, ist eine genaue stoffliche Zusammensetzung des Formvlies erforderlich – Die gibt es aus unserer Sicht nicht. Polyestervliesstoffe werden typischer Weise in ihre tatsächlichen Polymere aufgeteilt. Bei dem Formvlies von Lanisor kann es sich zum Beispiel um PET-, PP- oder auch PA-Fasern uvm. handeln – Die Recyclingfähigkeit ist untrennbar in Zusammenhang mit den eingesetzten Polymeren zu sehen. Zusätzlich bedingt sie sich durch die notwendigen existenten Verfahrenswege des Kunststoffrecyclings. Wie sieht es hier aus? Aus unserer Sicht ist die vom Hersteller beworbene 100%ige Recyclingfähigkeit nur hypothetisch – wenn überhaupt auf

Werkstoffebene – gegeben. Im realen Kontext müsste das Formvlies ‚die stoffliche und physikalische Voraussetzung (...) erfüllen, nach der Gebrauchsphase vollständig zu einem mit materialidentischer Neuware vergleichbaren Sekundärprodukt (...) werden‘ (vgl. Institut cyclos-HTP). Am Beispiel der ‚Farbe 0001 – white‘ (vgl. Produktinformation Lanisor) wird ersichtlich, dass der Hersteller diese Voraussetzung nicht erfüllt: Recycelte Kunststoffe sind nicht in dieser Farbe erhältlich, denn bei der Verwertung von Polymeren erfolgt in der Regel ein ‚Downcycling‘, das sich auch in einer Verfärbung widerspiegelt.

#### *Impulse:*

- Aus unserer Sicht ist es ratsam erneut mit dem Hersteller über die genaue Recyclingfähigkeit zu diskutieren und die entsprechenden Verfahrenswege des Formvlies-Recyclings zu reflektieren.
- Wir möchten auf einen Werkstoff hinweisen, der aus unserer Sicht dem Kontext entsprechend als Alternative zum Formvlies in Frage kommen könnte: *Lärchenholz* ist – wie das Formvlies auch – ein schwer entflammbarer Werkstoff (vgl. Kalweit et al. 2012: 174). Das trag- und druckfeste Holz ist als Konstruktionswerkstoff vielseitig einsetzbar. Es findet Anwendung im Möbel-, Treppen-, Boots- und sogar Brückenbau. Der dauerhafte Werkstoff fühlt sich warm und angenehm an und bietet optisch attraktive Maserungen. Das Holz hat eine größere Lebensdauer als das Formvlies. Weil es viel robuster ist, muss es nicht so oft ausgewechselt werden. Das europäische Vollholz ist regenerativ, erscheint zeitlos und speichert Informationen: Gebrauchsspuren wirken nicht störend und müssen nicht sofort beseitigt werden. Bei Beachtung des FSC-Labels ist es eine echte Alternative als Sitz- und Tischfläche der Möbelkollektion. Mit dem Einsatz von Holz würden darüber hinaus viele Verbindungselemente obsolet werden (vgl. Schweizer Materialarchiv). Das Brandverhalten von Holzwerkstoffen kann durch technische Verfahren gesteigert werden (vgl. Willi Mevissen KG).

### **3.2 Verbindungstechnik**

#### **1) Formvlies – Niete – Blech**

Nach DIN 8593 ist das Nieten eine Fügetechnik durch Umformen – demnach eine nur bedingt lösbare Verbindung.

Zum Trennen der beiden Werkstoffe müssen die Niete zerstört werden. Aufgrund der kürzeren Lebensdauer des Formvlies, wird es vermutlich häufiger zum Austausch kommen müssen, wodurch uns der Einsatz von reversibler und lösbarer Verbindungstechnik sinnvoller erscheint (vgl. Schrauben).

#### **2) Stahlrohr – Schraube – Blech**

Nach DIN 8593 eine Fügetechnik durch Anpressen – demnach eine gut lösbare Verbindung. Sie ermöglicht das ständige Auswechseln der miteinander verbundenen Bauteile. Schrauben können direkt – auch für andere Zwecke – wiederverwendet werden.

Zu beachten ist die Beschaffenheit der Schrauben. Im besten Fall sind sie für standardisierte Werkzeuge geeignet und robust genug um mehrere Lebenszyklen zu überleben. Außerdem sollten sie kompatibel zum unlegierten Stahl sein, denn bei der

Demontage können Schrauben unbeabsichtigt brechen und in den Komponenten stecken bleiben – sind beide Teile aus dem gleichen Werkstoff, besteht keine Verschmutzungsgefahr der Stoffströme. Auch zu beachten ist, dass jedes Festziehen und Lösen von Schrauben Einfluss auf die darunterliegende Lackschicht haben könnte und verstärkt ihren Abrieb beschleunigt.

*Impulse:*

- Zu beachten ist, dass jede Schraube die Zerlegungsprozesse erschwert. Es sollten deshalb so wenig Schrauben wie nötig verwendet werden. Gleichzeitig ist der Kontext zu beachten: Im halböffentlichen Raum dürfen sich Verbindungselemente nicht zu leicht lösen – damit die Möbelkollektion vor unsachgemäßer Benutzung geschützt ist.

### 3.3 Konstruktion

Die Möbelkollektion zeichnet sich durch einen modularen und vereinfachten Aufbau aus. Sie besteht aus wenigen und standardisierten Bauteilen.

Für eine recyclinggerechte Produktgestaltung ist das bereits eine gute Strategie. Einzelne Bauteile können ihrer stofflichen Zusammensetzung entsprechend in die vorgesehenen Verhüttungsprozesse gelangen. Zusätzlich unterstützt Modularität leichtes Reparieren und vereinfacht Wartungsprozesse. Die Voraussetzung dafür sind lösbare und reversible Verbindungselemente (z. B. Schrauben). Außerdem wird das Bereitstellen von Ersatzteilen unterstützt – die einzelnen Module sind leicht zu reproduzieren – Reparaturen können über den gesamten Lebenszyklus erfolgen.

*Impulse:*

- Die standardisierten Bauteile/Module sind im besten Fall so gestaltet, dass sie sich in Pack-Maß effizient und kostengünstig verschicken lassen. Dadurch wird auch eine einfache Stapelbarkeit ermöglicht und Ersatzteile können platzsparend gelagert werden (vgl. Leitfaden).

### 3.4 Fertigung

Den Unterlagen folgend übernimmt die Firma Hohenloher alle Fertigungsschritte der Möbelkollektion.

Mit der Konzentration der Fertigung auf einen regionalen Hersteller werden Transportwege eingespart (somit Energie und CO<sub>2</sub>). Prozessschritte können leicht nachvollzogen werden, die Fertigung ist transparent.

Als traditionsreiches Unternehmen besitzt Hohenloher große Expertise im Umgang mit Möbelgestaltung – auch im Kontext von Schulen. Es ist davon auszugehen, dass sämtliche Prozessschritte der Fertigung aus Kostengründen hinsichtlich Energie- und Ressourceneffizienz optimiert sind (Metallreste werden sortenrein gesammelt). Ermöglicht wird eine energieeffiziente Fertigung zudem durch die modulare Konstruktion der Möbelkollektion und den Einsatz einheitlicher Bauteile. Dem Bildmaterial folgend werden ausreichende Schutzmaßnahmen bei Füge- oder Pulverbeschichtungsprozessen eingehalten.

### 3.5 Kontext

Der Einsatzort der Möbelkollektion ist der halböffentliche Raum. Konkret soll sie in Schulen als Flurmöblierung genutzt werden.

Flure als bestehende und noch nicht optimal ausgelastete Räumlichkeiten zu sehen ist ein interessanter Ansatz: Der Baubestand wird genutzt. Vor allem in Schulen können Möbel vorbildliche und pädagogische Funktionen übernehmen. Dadurch kann kommuniziert werden, wie ressourceneffiziente Möbel aussehen – eine spannende und verantwortungsvolle Aufgabe. Hinsichtlich der im halböffentlichen Raum geltenden Brandschutzaufgaben ist der Einsatz von Stahl und des Formvlies als nicht-brennbarer- und nur schwer entflammbarer Werkstoff gut geeignet.

*Bedenken:*

- Alle Komponenten der Möbelkollektion werden fest an den Wänden verschraubt. Auf der einen Seite verhindert dies ihr freies Bewegen und Anpassen an Nutzerwünsche, wodurch ein unflexibler Eindruck suggeriert wird. Auf der anderen Seite ist eben diese konstruktive Maßnahme dringend erforderlich, damit die Möbelkollektion die Fluchtwege nicht blockiert.
- Das Stahlblech der Sitzbank wird der CAD-Zeichnung folgend auch an der Rückenlehne abgekantet. Hier gilt es zu beachten, dass keine scharfen Kanten entstehen und entsprechende Normen für die Konstruktion von Schulmöbeln eingehalten werden. Besonders in Schulen können kantige Metallkonstruktionen zu einer Gefahr für spielende Kinder werden. Diese krabbeln unter Tische und Bänke. Die Möbelkollektion würde vor allem in Grundschulen zweckentfremdet werden.
- Neben der Sitzbank wird auch die Tischfläche aus Stahlblech bestehen. Hier möchten wir auf die ergonomischen- und haptischen Aspekte des Werkstoffs verweisen. Das Stahlblech ist unserer Einschätzung nach bei einer Stärke von 2-3mm nicht gut geeignet um darauf zu schreiben oder zu arbeiten: es ist zu dünn (dumpfer Klang und rasche Schallübertragung) und fühlt sich kalt an.
- Das Formvlies bedeckt nicht die gesamte Fläche der Sitzbank – die Sitzfläche wird nicht optimal ausgenutzt. Außerdem lässt das partielle Vernieten schmale Ritzen zwischen Formvlies und Stahlblech entstehen. Hier kann sich Schmutz sammeln, Gegenstände können verschwinden und den Sitzkomfort reduzieren.

*Impulse:*

- Möbelkollektionen im halböffentlichen Raum als Flurmöblierung in Schulen müssen so gestaltet sein, dass keine Verletzungsgefahr von den Werkstoffen, Verbindungselementen und der Konstruktion ausgeht: auch von der Unterseite der Möbel (spielende Kinder).

## 4 Empfehlungen

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Bedenken und Impulse sollen als Grundlage für weiterführende Diskussionen dienen. Abschließend möchten wir nochmals auf folgende Aspekte hinweisen:

- Um genauere Aussagen zu der Einhaltung von umweltgerechten Fertigungsprozessen treffen zu können, empfehlen wir, die Firma Hohenloher hinsichtlich Umweltmanagement direkt mit der Umweltschutznorm ISO 14001 oder noch besser,

der EMAS Zertifizierung zu konfrontieren und darüber zu diskutieren (vgl. Leitfaden).

- Wir empfehlen darüber hinaus eine dauerhafte Identifizierbarkeit der verbauten Werkstoffe. Besonders beim Formvlies sollte darauf geachtet werden. Es ist wichtig, dass der Kunststoff nach der Nutzungsphase ohne Probleme in den entsprechenden Recyclingpfad gelangen kann. Das gleiche gilt für den Stahl, weil er durch die Pulverbeschichtung unkenntlich gemacht wird. Je genauer die Bezeichnung der verwendeten Legierung, desto besser für die stoffliche Verwertung. Insgesamt kann auch über die Gestaltung eines Recyclingpasses nachgedacht werden.
- Das ‚Gestalten für leichte Zerlegbarkeit‘ ist Grundvoraussetzung für Recyclinggerechte Produktgestaltung. Deshalb empfehlen wir die Verwendung lösbarer Verbindungstechnik und einen reduzierten = maßvollen Einsatz von Verbindungselementen. Ein effizientes Zerlegen wird auch dann unterstützt, wenn bspw. Schrauben gut sichtbar, leicht erreichbar und ohne Probleme zu lösen sind. Sie sollten robust und reversibel sein. Natürlich dürfen sich die lösbaren Verbindungselemente nicht von selbst und mit der Hand lösen – gerade im Kontext als Flurmöblierung in Schulen.
- Die Möbelkollektion zeichnet sich durch eine reduzierte Werkstoffvielfalt aus. Dadurch werden die Transportwege vor- und nach der Nutzungsphase minimiert. Zudem wird das Sortieren in die kompatiblen Verhüttungsprozesse erleichtert. Aus unserer Sicht könnte es interessant sein, die Möbelkollektion noch stärker zu vereinfachen (bspw. durch den Einsatz von Lärchenholz als Alternative zum Stahlblech inklusive Formvlies) – oder sogar über eine monomaterielle Möbelkollektion zu diskutieren.

## 5 Quellenverzeichnis

Blessing: Brünieren. (online)

<https://blessing.ch/de/oberflaechenbehandlungen/bruenieren>, (30.7.2019)

Goldmann, Daniel und Hans Martens (2016): Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. Wiesbaden.

Grund, Sabina (2015): Recycling von Zink aus verzinktem Stahl. (online) <https://eu-recycling.com/Archive/8370>, (30.07.2019)

Fischer, Ulrich, Roland Gomeringer, Max Heinzler, Roland Kilgus, Friedrich Näher, Stefan Oesterle, Heinz Paetzold und Andreas Stephan (2011): Tabellenbuch Metall. Paderborn.

Institut cyclos-HTP (2019): Prüfung und Testierung der Recyclingfähigkeit. Aachen.

International Panel for Sustainable Resource Management (2013): Metal Recycling. Opportunities, Limits, Infrastructure. United Nations Environment Programme.

Willi Mevissen KG: Fire Sec® Holz Brandschutz. (online)

[https://www.holzfeuerschutz.de/?gclid=EAIaIQobChMIpNmws9K25AIVWod3ChoNvQulEAAyAAEgKtmvD\\_BwE](https://www.holzfeuerschutz.de/?gclid=EAIaIQobChMIpNmws9K25AIVWod3ChoNvQulEAAyAAEgKtmvD_BwE), (04.09.2019)

Schweizer Materialarchiv: Lärche. (online) <http://www.materialarchiv.ch/app-tablet/#detail/526>, (30.07.2019)

Gestaltung: Merve-Büsra Kilic

Sie finden den vorliegenden Abschlussbericht auch digital unter:  
[https://www.dbu.de/projekt\\_34326/01\\_db\\_2848.html](https://www.dbu.de/projekt_34326/01_db_2848.html)