

Materialinventare und Materialkataster

Empfehlungen zur Stärkung der Ressourceneffizienz und des Ressourcenmanagements

Erarbeitet im Projekt „Kartierung des anthropogenen Lagers IV – Erarbeitung eines Gebäudepass- und Gebäudekatasterkonzepts zur regionalisierten Erfassung des Materialhaushaltes mit dem Ziel der Optimierung des Recyclings“

(FKZ: 3717 31 3500)

Das Projekt wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt und über den Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit mit Bundesmitteln finanziert.

Georg Schiller¹⁾, Thomas Lützkendorf²⁾, Florian Knappe³⁾, Karin Gruhler¹⁾, Kai Mörmann²⁾

¹⁾ Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

²⁾ Karlsruher Institut für Technologie – KIT

³⁾ Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH

1 Einordnung

Im Vorhaben Kartierung des anthropogenen Lagers IV (KartAL IV) wurden Konzepte zu Materialinventaren für Einzelbauwerke und zu Materialkatastern für Bauwerksbestände ganzer Regionen erarbeitet sowie Empfehlungen zu deren Erstellung, Anwendung und Zusammenführung gegeben. Materialinventare können demzufolge maßgeblich dazu beitragen, Entscheidungen im Lebenszyklus von Bauwerken auf eine rohstoffschonende und kreislaforientierte Bewirtschaftung der Materialien auszurichten. Sie erschließen und unterstützen strategische Planungsprozesse im Ressourcenmanagement zu einer Kreislaufwirtschaft, indem sie in regionalen Materialkatastern zusammengeführt werden können. Die Anwendung regionaler Materialkataster eröffnet strategische Gestaltungsmöglichkeiten mit immenser Tragweite und Hebelwirkung zur Ressourcenschonung einschließlich des enorm an Bedeutung gewinnenden Klimaschutzes sowie der regionalen Rohstoffsicherung. Nachfolgende Empfehlungen adressieren spezifische Aspekte, die sich auf die Weiterentwicklung von Materialinventaren für Einzelbauwerke und Materialkataster für regionale Bauwerksbestände beziehen.

2 Ressourcenschonung im Bauwesen

Die Verknappung der natürlichen Ressourcen ist eine zentrale Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Sie reduziert die Handlungsspielräume künftiger Generationen. Natürliche Ressourcen sind deswegen ein Schutzgut, ihre Schonung ist ein Schutzziel und wesentliches Anliegen einer nachhaltigen Entwicklung. Obwohl die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen Handlungsspielräume einschränkt und zusätzlich mit großen Umweltauswirkungen und sozialen Problemen verknüpft ist, sind die Problemwahrnehmung, das Problembewusstsein sowie entsprechende Handlungsbereitschaften bei relevanten Akteursgruppen nur schwach ausgeprägt. Im Bereich international anerkannter Nachhaltigkeitsziele findet sich die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen unter der Überschrift „Nachhaltig Produzieren und Konsumieren“ (SDG 12), explizit im Unterziel 12.2: bis 2030 soll danach die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen erreicht werden. Dies trifft auch und insbesondere auf den Baubereich zu. Das Handlungsfeld der Errichtung und Nutzung von Gebäuden / Bauwerken hat einen erheblichen Einfluss auf die Inanspruchnahme von natürlichen Ressourcen, die Gestaltung und Beeinflussung von Materialkreisläufen sowie das Aufkommen an Bauabfällen.

Beeinflussung von Materialflüssen als Managementaufgabe

Die Erfassung, Bewertung und gezielte Beeinflussung von Materialflüssen, die sich auf die Inanspruchnahme von natürlichen Ressourcen auswirken, ist eine Managementaufgabe. Entscheidungsträger*innen benötigen im Rahmen ihrer Arbeitsaufgaben und Verantwortungsbereiche Grundlagen, Daten und Hilfsmittel, um die Auswirkungen und Konsequenzen von materialbezogenen Entscheidungen erkennen und bewerten zu können. Durch das starke öffentliche Interesse am Thema circular economy entstehen Chancen, die Inanspruchnahme von natürlichen Ressourcen als wesentlichen Indikator bei Führungskräften zu etablieren. Empfohlen wird, das Schließen und Verlangsamten von Materialkreisläufen im Baubereich als Lösungsbeitrag zur Schonung von Ressourcen zu etablieren, den Bezug zu Materialkosten auszubauen sowie die Kreislaufführung als Ansatz zukünftiger Rohstoffsicherung darzustellen. Maßnahmen der Aus- und Weiterbildung können hier eine Schlüsselrolle einnehmen.

Sektorübergreifende Betrachtung von Materialflüssen

Im Bereich der Erfassung, Bewertung und Beeinflussung der Treibhausgasemissionen für das Handlungsfeld der Errichtung und Nutzung von Gebäuden liegen gute Erfahrungen bei der Ergänzung sektoraler durch sektorübergreifende Betrachtungen vor. Ein ähnliches Vorgehen wird für die Branche im Zusammenhang mit der Ressourceninanspruchnahme empfohlen. Zahlreiche Daten und Ansätze existieren bereits, auf denen aufgebaut werden kann.

3 Materialinventare für Einzelbauwerke

Einführung von Materialinventaren für Bauwerke

Das Interesse an Informationen zu den in Bauwerken verbauten Materialien wächst in Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft. Materialinventare für Bauwerke können entscheidend dazu beitragen, erforderliche Informationen bereitzustellen und zu strukturieren. Die Notwendigkeit der Erstellung von Materialinventaren, die an die Tradition von Materialauszügen und Stücklisten anknüpfen, wird in Deutschland seit Jahrzehnten diskutiert. Diverse Projekte und Ansätze führten bisher nicht zu allgemein anerkannten und praxistauglichen Konzepten und Formatvorgaben.

Im Projekt KartAL IV wurden konzeptionelle Vorschläge für Inhalte von Materialinventaren erörtert und 3 systematische Ausbaustufen unterschiedlicher Komplexität vorgestellt. Es wird empfohlen, unter Nutzung gemeinsamer Interessen von BMU/UBA, BMI/BBSR, KfW und der Immobilienbranche diese Ansätze zur Anwendungsreife weiterzuentwickeln und mit Formatvorgaben auszustatten.

Initiativen bündeln

Im BMI wird derzeit die Einführung von Anforderungen an Materialinventare im Kontext einer Nachhaltigkeitsbewertung sowie der Förderung des nachhaltigen Bauens diskutiert. Es wird empfohlen, diese Entwicklungen mit Bezug zur Thematik der Ressourcenschonung voranzutreiben. Denkbar ist zusätzlich die noch stärker Berücksichtigung der Erstellung von Materialinventaren bei den besonderen Leistungen gemäß Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI).

Ergänzung des Anforderungsprofils für Materialinventare

Vorstellungen zu Materialinventaren waren bisher stark auf die Themen Rückbau, Recycling und Kreislaufführung fixiert. Dies setzt die lebenszyklusbegleitende Aktualisierung voraus und kann letztlich die Objektanalyse im Kontext der Rückbauplanung dennoch nicht ersetzen. Empfohlen wird daher, Ziel und Zweck der Inventare in Richtung der Inanspruchnahme von natürlichen Ressourcen und der Beurteilung von Umwelt- und Gesundheitsrisiken sowie weiterer Themen, die für ausgewählte Akteursgruppen von Bedeutung sind, zu ergänzen bzw. zu verschieben.

Weiterentwicklung von Brückenbüchern

Im Zuständigkeitsbereich des Bundesverkehrsministeriums werden routinemäßig Brücken- bzw. Bauwerksbücher erstellt und fortgeschrieben. Sie enthalten u. a. Angaben zur Art verbauter Materialien. Mit geringem Mehraufwand lassen sich die Mengen ergänzen und Informationen zu Risiken für die lokale Umwelt infolge der Emissionen aus Baustoffen gewinnen. Das BMVI hat an dieser Thematik ein Interesse. Empfohlen wird ein Einwirken auf die Weiterentwicklung der

Software zur Erstellung der Brückenbücher. Angaben zu Materialmengen sollten hier zu einer Pflichtaufgabe werden.

Einflussnahme auf die Europäische Normung (CEN)

Im Rahmen der Europäischen Normung steht 2021 die Aufnahme von Normungsaktivitäten im Themenbereich circular economy im Baubereich bevor. Möglich ist ein Teilthema zur Struktur von Materialinventaren im Kontext der Beschreibung der Vollständigkeit des Gebäudemodells sowie als Grundlage oder Nebenprodukt einer Ökobilanzierung. Erforderlich ist eine Einflussnahme auf den scope der Normungsinitiative. Dies kann über DIN erfolgen. Dieser Teil der Normung im Rahmen von CEN TC 350 wird vom BMI unterstützt. Das Umweltbundesamt wird künftig im nationalen Spiegelausschuss vertreten sein. Insofern ergeben sich hier Möglichkeiten der Mitwirkung und Einflussnahme, die es zu nutzen gilt.

Einflussnahme auf die Entwicklung des digital logbook

Die Europäische Kommission arbeitet im Rahmen eines Projekts zum digital logbook¹ an Datenstrukturen und Verbreitungsmöglichkeiten eines Gebäudepasses. Diskutiert wird derzeit u. a. Art und Umfang einer Beschreibung verbauter Materialien. Eine Einflussnahme ist derzeit nur über die Mitwirkung an Konsultationsrunden möglich, die intensive Beobachtung der weiteren Entwicklung wird empfohlen, insbesondere seitens des BMI/BBSR².

Einflussnahme auf die Weiterentwicklung von BIM

Die Bedeutung von Ansätzen zum Building Information Modeling (BIM) im Baubereich wird weiter anwachsen. Grundsätzlich ist es möglich, Materialinventare zu erstellen und lebenszyklusbegleitend zu aktualisieren. Es ergeben sich Bezüge zu den Themen der digitalen Zwillinge und der Rückverfolgung von Lieferketten. Einfluss genommen werden sollte auf die Normungsstrategien im Bereich Digitalisierung/Industrie 4.0, zu denen auch das Umweltbundesamt aktiv mitwirkt.

Einflussnahme auf die Ausgestaltung der Taxonomy

In Europa wurden Anforderungen in Form einer Taxonomy veröffentlicht³, die auch für Neubau- und Modernisierungsmaßnahmen im Baubereich angewendet werden sollen. Ziel ist es, u. a. Banken mit prüffähigen Informationen auszustatten, aus denen ablesbar ist, ob und inwieweit ein Projekt zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen kann. Die Taxonomy enthält u. a. Anforderungen an die Recyclingfähigkeit verbauter Materialien, die Bezugsquellen von Holz und die Gesundheits- und Umweltverträglichkeit von Bauprodukten im Kontext von REACH. Empfohlen wird, ggf. in engerer Kooperation mit Einrichtungen der Nachbarländer, Einfluss auf diesen Prozess zu nehmen und Materialinventare als geeignete Instrumente zur Erfassung und Kommunikation benötigter Informationen zu etablieren.

Es muss den Banken, den Wertermittlern und sonstigen Sachverständigen hier ein Maß an Eigeninteresse und Eigenverantwortung zugeordnet werden. Materialinventare werden zur

¹ <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/cacf9ee6-06ba-11eb-a511-01aa75ed71a1/language-en>

² Beobachtung erfolgt derzeit über KIT Karlsruhe

³ EU Kommission (2020): Sustainable finance: TEG final report on the EU taxonomy. https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/sustainable-finance-teg-final-report-eu-taxonomy_en (25.06.2020)

Grundlage der Risikobewertung und der Beurteilung des carbon footprint. Vorgeschlagen werden Arbeitsgespräche mit der Finanzwirtschaft (Immobilienfinanzierern), Wertermittlern und weiteren Interessenvertretungen, um einerseits die aktive Nachfrage nach Materialinventaren bei Bauherren/Kreditnehmern zu stärken und andererseits den spezifischen Informationsbedarf dieser Akteursgruppen einzubeziehen.

Anforderungen an Materialinventare in Nachhaltigkeitsbewertungssystemen

In Deutschland sind verschiedene Nachhaltigkeitsbewertungssysteme im Einsatz, darunter BNB, DGNB, NaWoh und BNK/BiRN. Es besteht die Möglichkeit, in der Kriteriengruppe „Prozessqualität“ die Anforderungen an Gebäudedokumentationen (Gebäudepässe) mit integriertem Materialinventar zu positionieren. Systementwicklern und -anbietern kann angeboten werden, sie hierbei zu unterstützen. Möglich sind die Bereitstellung von Formblättern und/oder die Unterstützung von F&E-Projekten.

Vervollständigung der ÖKOBAU.DAT

Die ÖKOBAU.DAT ist die öffentlich und frei zugängliche Datenbank mit Ökobilanzdaten zu Bauprodukten in Deutschland. Im Zusammenhang mit Förderprogrammen, der Anwendung des BNB für öffentliche Bauten und ggf. künftigen gesetzlichen Anforderungen wird derzeit an RECHENWERTEN zur ÖKOBAU.DAT gearbeitet.

Soweit ein Interesse an einer Erfassung und Bewertung der Rohstoffinanspruchnahme im Kontext einer Nachhaltigkeitsbewertung existiert, ergibt sich ein dringender Bedarf an einer Ergänzung entsprechender Daten in der Datenbank.

Einführung einer Fertigstellungsmeldung mit Materialinventar

Ein Energieausweis soll den tatsächlich realisierten Zustand eines Gebäudes beschreiben. In Anlehnung an dieses Prinzip wird vorgeschlagen, die groben Angaben zur Bauweise beim Bauantrag durch eine „Fertigstellungsmeldung“ mit Materialinventar „wie gebaut“ zu ergänzen.

Erwähnung von Materialinventaren in ImmoWertV und VÖB-Immobilienanalyse

Aktuell wird die Immobilienwertermittlungsverordnung (ImmoWertV) novelliert. Als besondere Objekteigenschaften im Kontext der Nachhaltigkeit werden bisher die energetische Beschaffenheit und die Barrierefreiheit herausgestellt. Empfohlen wird eine stärkere Betonung von Risiken für Umwelt und Gesundheit, die sich aus dem Einsatz/dem Vorhandensein von Materialien ergeben und zu Sanierungskosten führen können. Die Abfrage und Einbeziehung von Materialinventaren in den Wertermittlungsprozess sollte in den Arbeitshilfen empfohlen werden.

Der Verband öffentlicher Banken (VÖB) steht vor der Weiterentwicklung der VÖB-Immobilienanalyse als Instrument der Risikobeurteilung. Die Einbeziehung der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit ist bereits angelegt. Das Vorhandensein eines aussagefähigen Materialinventars könnte zu einem Qualitätsmerkmal ausgebaut werden.

4 Materialkataster für regionale Bauwerksbestände

Einführung von Materialkatastern für Bauwerksbestände

Auf der Ebene von Bauwerken werden vielfältige Entscheidungen getroffen, welche direkt oder indirekt den Bedarf an natürlichen Ressourcen bestimmen. In Städten und Regionen werden darüber hinaus Entscheidungen getroffen, und es erfolgen Rahmensetzungen und Planungen, die maßgeblich die Art der Rohstoffanspruchnahme und des Rohstoffmanagements bestimmen. Um diese zu beeinflussen, sind Informationsflüsse zu Materialbeständen und deren Dynamik in Städten und Regionen eine wesentliche Voraussetzung. Es wird empfohlen, die Erstellung von Materialkatastern für Bauwerksbestände auf diesen Ebenen zu unterstützen.

Nationales Gebäudebestandsmodell

Regionale Materialkataster sind auch eine Frage der Skalierung. Denkbar ist ein Materialkataster Deutschland. Dies kann eine zentrale Datengrundlage und Ausgangsbasis für regionale Materialkataster liefern und knüpft an in der Vergangenheit stattgefundene Diskussionen zu einem übergreifenden Gebäudebestandsmodell Deutschland an, welches sich für unterschiedliche Frage- und Aufgabenstellungen eignet. Empfohlen wird, übergreifende Interessen an entsprechenden Bestandsmodellen aus Sicht der Ressourcenschonung (Umweltbundesamt), der Bestandsentwicklung aus siedlungspolitischer Sicht (BBSR) sowie anderen Interessentengruppen (z.B. Bauwirtschaft) auszuloten. Dabei sollten auch Anknüpfungspunkte an bestehende Siedlungsmonitor-Instrumente⁴ sowie Bauwerksdatenbanken⁵ geprüft werden. Weiter sollte geprüft werden, welche neuen Optionen zur Bereitstellung von Materialkatasterinformationen aus aktuellen Entwicklungen der Digitalisierung und Big-Data Plattformen erwachsen und perspektivisch genutzt werden können.

Integrierte Planungs- und Managementansätze unterstützen

Aufgaben des regionalen Rohstoffmanagements sind an unterschiedlichen Stellen entlang von Baumaterialflüssen angelagert: Rohstoffsicherung – im Falle mineralischer Baumaterialien durch die Regionalplanung -, Rahmensetzungen zu Bauweisen und Materialverwendung durch Akteure der Stadtplanung, Sicherstellung der Entsorgung und Kreislaufführung von Bau- und Abbruchabfällen durch private und öffentliche Akteure der Abfall- und Sekundärrohstoffwirtschaft, Bereitstellung und Einsatz rohstoffschonender (Sekundär-) Baustoffe durch die Baustoffhersteller und die Bauindustrie. Ein ressourcenschonendes Rohstoffmanagement ist dann effektiv, wenn es die Grenzen der damit verbundenen sektoralen Planungs- und Managementaufgaben durchbricht und die spezifischen sektoralen Geschäftsmodelle zusammenführt. Durchgehende Informationsflüsse zu Materialbeständen und deren Dynamik in Städten und Regionen sind eine wesentliche Voraussetzung hierfür. Es wird empfohlen, Materialkataster grundsätzlich so zu konzipieren, dass die Integration dieser Planungs- und Managementbereiche dadurch gefördert wird.

Durchgehende Materialkategorien: Rohstoffe, Baumaterialien, Abfallkategorien

⁴ z.B. Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor): www.ioer-monitor.de

⁵ z.B. Physis der gebauten Umwelt – Informationsportal zu Bauwerksdaten (IÖR Informationsportal Bauwerksdaten): <http://ioer-bdat.de/>

Die Durchgängigkeit der Informationsflüsse setzt eine Übersetzungsleistung von Materialkategorien entlang des Lebenszyklus von Materialien voraus. Neben Baumaterialien sind Rohstoffinhalte der Baumaterialien sowie potenzielle Abfallkategorien, in die Baumaterialien nach Ende deren Nutzung in Bauwerken zugeordnet werden können, auszuweisen. Dabei sind insbesondere Kategorien der Rohstoffplanung zu berücksichtigen sowie der Informationsbedarfe der Entsorgungswirtschaft, die für die Konzeption kreislauforientierter Verwertungspfade erforderlich sind. Hierzu bietet das Projekt KartAL IV Lösungsvorschläge an. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die aktuelle Gliederung der Abfallkategorien gemäß des Europäischen Abfallverzeichnisses (AVV) diese Anforderungen unzureichend erfüllt. Es wird deshalb empfohlen, auf eine Erweiterung dieser Systematik hinzuwirken und dabei Qualitätsaspekte (u. a. Materialbezug, Verwertbarkeit) von Abfallkategorien zu berücksichtigen, die einen engeren Bezug zu damit verbundenen Prozessketten von Verwertungsoptionen aufweisen.

Ressourcenschonung und Klimaschutz

Für die Gewinnung und Verarbeitung von Material wird Energie aufgewendet. Dabei entstehen klimaschädliche Emissionen. Der Anteil dieser materialinduzierten „Grauen“ Emissionen an den klimarelevanten Gesamtemissionen nimmt zu und gewinnt an Relevanz. Der Bausektor trägt mit einem Anteil von 40% dazu bei. Um die im Green Deal geforderten Klimaschutzziele zu erreichen, ist es unerlässlich, Ressourcenschonung, Kreislaufwirtschaft und Klimaschutz zusammen zu denken. Städte und Regionen haben diesbezüglich im Zuge ihrer Aufgaben des Rohstoffmanagements, der Siedlungsplanung sowie der Abfall- und Kreislaufwirtschaft eine besondere Verantwortung und, wie im Vorhaben KartAL IV beispielhaft aufgezeigt, zugleich auch Möglichkeiten, materialinduzierte Emissionen im Baubereich durch technische sowie soziale Innovationen zukünftig zu reduzieren. Regionale und kommunale Materialkataster bieten einen Ansatz, auch diese Potenziale besser einzuschätzen und geben somit eine Orientierung zur Identifizierung von Steuerungsmöglichkeiten und konkreter Maßnahmen.

Initiatoren regionaler und kommunaler Materialkataster

Das Interesse an regionalen Materialkatastern ist groß und vielfältig. Potenziale deren Anwendung finden sich vor allem in Übergangsbereichen zwischen traditionellen Aufgabengebieten. Die Erstellung von Materialkatastern ist damit eine querschnittsorientierte Aufgabe. Erfahrungen aus dem Vorhaben KartAL IV zeigen, dass vor allem querschnittsorientierte Verwaltungseinheiten an Informationen aus regionalen Materialkatastern interessiert sind und über Verwaltungsdisziplinen hinweg entsprechende Diskussionsprozesse initiieren. Sie sehen sich aber meist nicht in der Lage, Materialkataster zu erstellen und signalisieren diesbezüglich Unterstützungsbedarf von Dritten.

Es wird empfohlen, Geschäftsmodelle zu unterstützen, welche entsprechende Dienstleistungen und Beratungsleistungen anbieten. Zusätzlich sollten querschnittsorientierte Behörden ermutigt und dabei unterstützt sowie befähigt werden, perspektivisch entsprechende Aufgaben zu übernehmen. Nationale Materialkataster sind hierzu ein wichtiger Baustein. Dabei sollte auf eine möglichst einheitliche Verwendung von Begrifflichkeiten und Kategorien hingewirkt werden. Im Vorhaben KartAL IV werden diesbezüglich Vorschläge unterbreitet. Zudem sollte darauf hingewirkt werden, im Schulterschluss von Consulting, Anwendern/Behörden und Forschung die erforderlichen Instrumente voran zu bringen.

Vom Wissen zum Handeln

Regionale und kommunale Materialkataster entfalten ihre Wirkung im konkreten Anwendungszusammenhang. Dieser ist vor allem geprägt durch sehr konkrete Fragestellungen an das Instrument und durch einen Dialogprozess zwischen überwiegend lokalen Akteuren. Materialkataster bieten hierfür eine wichtige Basis. Es braucht aber deutlich mehr, um entsprechende Prozesse anzustoßen und Handeln zu initiieren. Ein zentraler Baustein ist dabei die Transdisziplinarität. Gefordert sind nicht nur Kenntnisse aus unterschiedlichen Disziplinen zu komplexen Sachverhalten, sondern darüber hinaus die Koproduktion von Wissen und Lösungen unterschiedlicher Partner aus Wissenschaft und Praxis auf Augenhöhe. Empfohlen wird, darauf hinzuwirken, dass entsprechende Formate entwickelt und gefördert werden, innerhalb derer typische Anwendungsfälle erprobt und durchdekliniert werden können, um mögliche Einsatzgebiete regionaler Materialkataster und Anforderungen an deren Anwendung besser zu verstehen. Regionalisierungen sollten möglichst erfolgen, um damit zu einer breiteren Anwendung von Katastern und effektiven Unterstützung von Ressourcenschonung beitragen zu können.

5 Perspektiven

Von der Inventarisierung zu ganzheitlichen Geschäftsmodellen

Im Bauwesen gibt es eine Vielfalt an Einzelanforderungen. Dazu zählen die Forderung des Einsatzes von ressourcenschonendem Beton (R-Beton) und anderer Baustoffe, die Rohstoffe aus dem Materialkreislauf beziehen, die Schließung (regionaler) Stoffkreisläufe, die Gewinnung und Nutzung von Sekundärstoffen, die Verbesserung der Anpassbarkeit und Umbaubarkeit von Bauwerken zur Anpassung an sich ändernde Nutzeransprüche. Die Wirksamkeit der Maßnahmen in Hinblick auf das Schutzziel der Schonung natürlicher Ressourcen ist bislang kaum bewertbar. Dies erschwert das Abwägen von Handlungsalternativen. Materialinventare und Materialkataster können einen Ausgangspunkt darstellen, entsprechende Teilthemen zu einer übergreifenden Gesamthematik systematisch zusammenzuführen und so den erforderlichen Schritt von der Inventarisierung zu ganzheitlichen „Geschäftsmodellen“ des Ressourcenmanagements einzuleiten, die sich am Gesamtziel des klimaschonenden Schutzes natürlicher Ressourcen orientieren und Handlungsmöglichkeiten der vielfältigen Akteure dahingehend ausrichten.