



Endbericht

Ressourcenoptimierung der Landesvertretung NRW in Berlin

Dr. Holger Wallbaum
Kristina Herzog
Michael Ritthoff
Dr. Christa Liedtke

Februar 2003

Inhaltverzeichnis

Inhaltverzeichnis	1
Zusammenfassung	2
1 Einleitung	6
1.1 Projektziele.....	7
1.2 Projektschritte.....	7
1.3 Struktur des Berichts.....	8
2 Die Relevanz des Bausektors	9
2.1 Bauen und Wohnen aus ökologischer Sicht.....	11
2.2 Der Bereich des Nicht-Wohnungsbaus.....	14
3 Das MIPS-Konzept	17
4 Beschreibung der Landesvertretung NRW in Berlin	23
4.1 Umfeld, Stadtbild, Nutzung.....	24
4.2 Baukörper.....	25
4.3 Haustechnik.....	34
5 Quantitative und qualitative Analyse der Landesvertretung NRW	44
5.1 Darstellung des Betrachtungsrahmens.....	44
5.2 Baukörper.....	45
5.3 Haustechnik.....	47
5.4 Nutzungsphase.....	49
5.5 Vergleichsgebäude.....	50
6 Interpretation der Ergebnisse	55
6.1 Ergebnisse für die Landesvertretung.....	56
6.2 Die Landesvertretung NRW im Vergleich zu ausgewählten Referenzgebäuden.....	70
7 Fazit	76
8 Glossar	80
9 Literatur	84

Zusammenfassung

Die Bundesregierung sowie die Landesregierungen haben sich in der Vergangenheit wiederholt dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung verschrieben. Gemäß der Bundesregierung soll „Nachhaltigkeitspolitik [...] eine wichtige Grundlage schaffen, um die Umwelt zu erhalten und die Lebensqualität, den sozialen Zusammenhalt in der Gesellschaft und die wirtschaftliche Entwicklung in einer integrierten Art und Weise sowohl in Deutschland als auch international voran zu bringen. Ziel ist es dabei, eine ausgewogene und gerechte Balance zwischen den Bedürfnissen der heutigen Generation und den Lebensperspektiven künftiger Generationen zu finden“ RNE (2001). Zur praktischen Umsetzung dieses theoretischen Konzeptes wurden diverse Strategiekonzepte entwickelt, wie z.B. BMU 1998, Bundesregierung 2002 sowie institutionelle Strukturen geschaffen, wie z.B. die Enquete-Kommissionen, der Rat für Nachhaltige Entwicklung, Zukunftsrat Nordrhein-Westfalens etc.

Die Bundesregierung hat im Jahr 2001 den Rat für Nachhaltige Entwicklung einberufen. Er berät sie in ihrer Nachhaltigkeitspolitik und soll mit Vorschlägen zu Zielen und Indikatoren zur Fortentwicklung der Nachhaltigkeitsstrategie beitragen sowie Projekte zur Umsetzung dieser Strategie vorschlagen. Eine weitere Aufgabe des Rates für Nachhaltige Entwicklung ist die Förderung des gesellschaftlichen Dialogs zur Nachhaltigkeit, wie er u.a. in beispielhafter Weise von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt im Rahmen des Projektes „Kurs 21“ zwischen Schulen und Unternehmen initiiert wird.

Der Zukunftsrat NRW berät die Landesregierung in allen mit der Agenda 21 NRW zusammenhängenden Fragen. Er hat bis Ende 2003 die Aufgabe, Strategien für eine zukunftsfähige Entwicklung in NRW zu entwickeln, Impulse für die inhaltliche und konzeptionelle Orientierung und Ausgestaltung des Agenda-Prozesses zu geben und einen Beitrag zur Verankerung der Agenda 21 in NRW in der breiten Öffentlichkeit zu leisten.

Auch wenn bisher die Erfolge dieser Konzepte und Gremien nur sehr vereinzelt zu beobachten sind, wie u.a. auf dem Weltgipfel 2002 in Johannesburg deutlich wurde, herrscht Einigkeit darüber, dass die Steigerung der Ressourcenproduktivität ein notwendiger Schritt zur Schonung der Ökosphäre und damit auch eine Grundvoraussetzung zukunftsfähigen Wirtschaftens darstellt.

Zu den relevantesten Wirtschaftsbereichen mit gleichzeitig hoher ökologischer und sozialer Relevanz in Deutschland zählt immer schon der Bausektor. Die Steigerung der Ressourcenproduktivität im Bereich Bauen und Wohnen stellt somit eine der wichtigsten Stellschrauben für die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung dar. Auch das Land NRW hat sich dieser Herausforderung seit Jahren intensiv gewidmet und will perspektivisch weitere Schritte in Richtung eines ressourceneffizienteren Bauens gehen. Dabei ist sich das Land auch seiner Vorbildfunktion bewusst und lässt ein landeseigenes Bauvorhaben entsprechend analysieren, um Verbesserungspotentiale zu dokumentieren. Anhand des MIPS-Konzeptes (**M**aterial**i**nput **p**ro **S**ervice**e**inheit) wird der Neubau der Landesvertretung Nordrhein-Westfalen (im folgenden Landesvertretung NRW genannt) in Berlin unter Ressourcengesichtspunkten betrachtet.

Ziel der Studie ist:

- Anforderungen und Kriterien ressourcenschonenden Bauens aufzustellen,
- Optimierungspotenziale insbesondere für die LV NRW sowie aber auch für weitere Landesbauten aufzuzeigen und
- die für deren Erschließung notwendigen Maßnahmen zu konkretisieren.

Der Untersuchungsrahmen der Studie bezieht zum einen die Ressourcennutzung für die Erstellung des Baukörpers und der Haustechnik und zum anderen den Energie- und Ressourcenverbrauch während der Nutzungsphase oder auch Betriebsphase – also für die Versorgung der Landesvertretung NRW mit Strom und Wärme – mit ein. Für die Nutzungsphase werden unterschiedliche Zeiträume von 20, 40 und 80 Jahren betrachtet, da die Lebensdauer von Gebäuden und Bauteilen nur schwer zu bestimmen sind, sie jedoch einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Ressourcenproduktivität von Gebäuden hat. Die während der Nutzungsphase notwendigen Aufwendungen für die Instandsetzung und Wartung bestimmter Bauteile bzw. Bauelemente wurden ebenfalls berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Analyse zur Landesvertretung NRW werden vier weiteren Verwaltungsgebäuden gegenübergestellt, die als Referenz dienen und zur spezifischen Ausweisung von Stärken und Schwächen der LV NRW herangezogen werden. Als Referenzobjekte wurden der Umbau der Kaserne Klüth sowie die Neubauten des Gründerzentrums Hamm, der Technischen Werke Osning und der Firma Wagner Solar herangezogen. Obwohl alle betrachteten Gebäude Verwaltungsgebäude sind, sind sie hinsichtlich ihrer Bauspezifika, der spezifischen Nutzung, der Haustechnik u.v.m. andersartig. Um dennoch einen aussagekräftigen Vergleich aller Gebäude zu ermöglichen, wird eine einheitliche Bezugsgröße oder auch Dienstleistungseinheit (Quadratmeter Nutzfläche pro Jahr) gewählt, die mit den ausgewiesenen Abstrichen generelle Aussagen für Tendenzen im Verwaltungsbau ermöglicht. Auf Basis dieser Bezugsgröße konnten Ansätze für eine Minimierung des Ressourcenverbrauchs im Verwaltungsbau herausgearbeitet werden, die im Folgenden kurz beschrieben sind.

Im Gegensatz zum Wohnungsbau, bei dem die Gebäudeerstellung auch bei einer Nutzungsphase von 80 und mehr Jahren eine hohe Bedeutung für den lebenszyklusweiten Ressourcenverbrauch hat, fällt beim Verwaltungsbau der Ressourcenverbrauch für die Erstellung innerhalb eines Gebäudelebenszyklus immer weniger ins Gewicht, je länger die Nutzungsdauer anhält. Dies ist hauptsächlich dadurch begründet, dass der Energieverbrauch für Heizung und Strom im Wohnungsbau wesentlich geringer ausfällt als im Verwaltungsbau. Durch eine Verlängerung der Nutzungsdauer von Verwaltungsgebäuden über Modelle z.B. zur Umnutzung von Gebäuden oder zur Weiter- und Wiederverwendung von Bauteilen kann der lebenszyklusweite Ressourcenverbrauch kostengünstig minimiert werden. Die Relevanz des Energieverbrauchs für den Betrieb hingegen nimmt zu. Dabei ist der Stromverbrauch hauptsächlich für den Ressourcenverbrauch während der Nutzungsphase eines Verwaltungsgebäudes verantwortlich. Hier bieten sich Modelle z.B. für eine alternative, ressourceneffiziente Stromversorgung oder den Einsatz energieeffizienter elektrischer Geräte an.

Bezogen auf den Ressourcenverbrauch der Gebäudekonstruktion bieten **Leichtbaukonzepte** gegenüber klassischen Massivbau- bzw. Stahlbeton-Konzepten große

Minimierungspotenziale. Mit dem Bau der Landesvertretung NRW ist hier ein innovativer **richtungsweisender Schritt** gegangen worden. Mit Ausnahme der beiden Treppenhäustürme konnte so ein konsequentes Leichtbau-Konzept umgesetzt werden. Die Treppenhäustürme mussten aufgrund des sonst zu kostenaufwendigen Brandschutzes doch in Stahlbeton ausgeführt werden. Diese Brandschutzproblematik sollte perspektivisch mit den verantwortlichen Stellen diskutiert werden, um ggf. innovativen Leichtbaukonzepten für die Zukunft den Weg ebnen zu können, ohne die Brandschutzanforderungen unverantwortlich aufzuweichen.

Betrachtet man das **Haustechnik-Konzept**, wird mit der Landesvertretung NRW der **Stand der Technik** abgebildet. In die Zukunft blickend ergeben sich hier vermutlich große Einsparpotenziale für den Ressourcenverbrauch – nicht nur bezogen auf den Strom- und Heizenergieverbrauch des Gebäudes, sondern auch bezogen auf die für die einzelnen Haustechnikkomponenten eingesetzten Materialien. Unter diesem Blickwinkel fallen die **Elektroinstallationen**, durch ihren hohen Kupferanteil bedingt, **besonders ressourcenintensiv** aus. Hier sollte über Modelle für eine sinnvolle Verlegung der Kabel nachgedacht werden, um die Kabellängen zu minimieren. Eine andere, bereits heute vorzufindende Praxis wäre der Einsatz standardisierter Kabellängen, die eine einfache Weiterverwendung eines Kabels an anderer Stelle ermöglicht, sofern die Kabel nicht unter Putz verlegt werden. Außerdem sollten Alternativ-Werkstoffe diskutiert werden, die einen ressourcenschonenderen Ersatz des Kupfers ermöglichen. Der Werkstoff Kupfer fällt auch bei den Wasser- und Wärmeversorgungsrohren stark ins Gewicht. Auch hier sollte über die **Verwendung alternativer Werkstoffe** nachgedacht werden (wie z.B. spezielle Kunststoffe) bzw. **modulare Systeme** forciert werden, die eine Weiter- oder Wiederverwendung ohne großen weiteren Ressourcenaufwand ermöglichen.

Auf den ersten Blick schneidet die Landesvertretung NRW im Vergleich zu den vier betrachteten Referenzgebäuden durchschnittlich ab. Eine differenzierte Betrachtung, z.B. ohne den Tiefbau aufgrund der besonderen Situation in Berlin, zeigt, **dass der Hochbau der Landesvertretung NRW durchaus einen vorderen Platz bei diesem spezifischen Vergleich belegt**. Betrachtet man die Referenzgebäude für eine Nutzungsphase von 20 und von 80 Jahren fällt auf, dass sich die Relationen zwischen den Gebäuden verschieben. Die Landesvertretung NRW schneidet z.B. nach 80 Jahren besser ab als das Gründerzentrum Hamm, obwohl der Materialaufwand für die Gebäudeerstellung der Landesvertretung wesentlich höher lag, die Energieverbräuche während der Nutzungsphase aber geringer sind. Auch diese relativierende Betrachtung zeigt, dass die Landesvertretung NRW in der realisierten Form **nicht konsequent den Anforderungen an das ressourcenschonende Bauen gerecht wird**. Die Landesvertretung weist sowohl **ökologische als auch wirtschaftliche Optimierungspotenziale** auf. Das Gebäude spiegelt in der jetzigen Form einen sehr **hohen Stand der architektonischen und technischen Leistung** wider, der durch das Leichtbau-Konzept zwar den Aspekt Ressourceneffizienz berücksichtigt, jedoch **das spezifische Charakteristikum des Ressourcenschutzes nicht als zentralen Planungsansatz verwendet** hat. Dennoch weist die Landesvertretung NRW durch die Wahl der eingesetzten Baumaterialien ein **großes Potenzial zur Ressourcenschonung auch für weitere Bauvorhaben** aus. So könnten z.B. die Stahltragrahmen am Ende der Nutzungsphase selektiv rückgebaut und an anderer Stelle, z.B. auch für den Wohnungsbau, „neu“ verwendet

werden. Für die Holzparabeln lassen sich auch sinnvolle Verwendungsmöglichkeiten aufzeigen, die einer immer noch abschließend möglichen thermischen Verwertung vorgeschaltet werden sollten.

Nächste Schritte für noch mehr Ressourceneffizienz im Bau

Eine veränderte Kultur, die die Kriterien des **ökologischen Produktdesigns** mit Berücksichtigung des Rückbaus als einen zentralen Ausgangspunkt des Planens und Entwerfens erfasst, scheint ein effektiver und effizienter Ansatz zu sein, das ressourcenschonende Bauen kostengünstig zu befördern. Praxisnahe Konzepte in diese Richtung greifen, unter Beteiligung diverser Akteure des Bausektors, im Rahmen des Projektes mipshaus (www.mipshaus.de) die u.a. in dieser Arbeit gewonnenen theoretischen Erkenntnisse auf, um sie in gebaute Realitäten zu überführen. Neben den aufgezeigten materialbezogenen und technologischen Optimierungspotenzialen, die durch entsprechende öffentliche Förderungen oder unternehmerische Eigeninitiativen zu erschließen sind, spielt bei der eingeforderten, veränderten Planungskultur der Begriff des **lebenslangen Lernens eine zentrale Rolle**, wie ihn z.B. das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit propagiert. Diese Wege weisen in die richtige Richtung und sollten auch weiterhin Einzug in die Forschungsförderung, Lehre und Ausbildung halten, denn nur so kann das unerlässliche Ziel des ressourceneffizienten Bauens Realität werden.

1 Einleitung

Jedes Bauen bedeutet einen Eingriff in Natur und Umwelt. Verantwortungsvolles Bauen heißt daher auch, einen schonenden Umgang mit der Natur zu gewährleisten. Dazu sind z.B. ökologische Standards weiterzuentwickeln und Modellprojekte mit Vorbildcharakter als sog. ‚best-practices‘ öffentlichkeitswirksam darzustellen. Mit der vorliegenden Arbeit, der wissenschaftlichen Begleitung der Errichtung der Landesvertretung NRW in Berlin durch das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, wird dieser Ansatz des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) weiter fortgeführt.

In NRW hat die Auseinandersetzung mit dem ökologischen Bauen bereits eine längere Tradition. NRW hat in den vergangenen 50 Jahren einen Wandel vollzogen, den kein anderes Land der Bundesrepublik Deutschland über solch eine lange Strecke und mit einer solchen Intensität zu bewältigen hatte. Der Strukturwandel, der sich in Nordrhein-Westfalen vollzogen hat und weiter vollziehen wird, hat das Land verändert: wirtschaftlich, sozial, ökologisch und kulturell. Das Anwachsen der Bevölkerungszahlen seit Ende der achtziger Jahre (hauptsächlich durch Zuwanderung um mehr als eine Million Einwohner) und der Niedergang der Montanindustrie haben auch zu neuen Herausforderungen für den Bausektor geführt.

Die Landesregierung hat auf diesen zusätzlichen Bedarf mit einer erweiterten Wohnungsbauförderung reagiert und damit einen wichtigen Beitrag zur Entspannung der Versorgungslage geleistet. Der Aspekt der Bereitstellung von Wohn- und Wirtschaftsräumen wird jedoch auch bei der Landesregierung nicht losgelöst von den ökologischen Herausforderungen betrachtet. Deshalb setzt die Bau- und Wohnungspolitik einen Rahmen zum Schutz und zur Schonung der Umwelt: „Die beim Bauen eingebrachten Stoffmengen müssen mittel- bis langfristig deutlich reduziert werden. Diese Reduzierung der beim Bauen eingebrachten Stoffmengen soll auch durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe wie Holz und Kork, durch Recycling der Baustoffe wie Mauerwerk, Beton, Holz, Kunststoff und Stahl erreicht werden. Die im Wohnungsbau bei Abbruch, Errichtung und Umbau anfallenden Stoffe sind nach Möglichkeit zu recyceln, wobei die geordnete Trennung der Baustoffe dahingehend eine sinnvolle Vorbedingung darstellt (möglichst keine Verbundkonstruktionen). Energiesparmaßnahmen müssen verwirklicht und der Flächenverbrauch gesenkt werden.“ (NRW 2000) Um diese Ziele zu erreichen, wurden von der Landesregierung in den letzten Jahren verschiedenste Initiativen im Bereich des Wohnungsbaus ins Leben gerufen, wie z.B. die zwei ökologisch orientierten Sonderprogramme „Zukunftsweisende Bauvorhaben“ und „Neue Wohnungen auf Entwicklungsstandorten“, das REN-Impuls-Programms „Bau und Energie, die Initiative „Gebäude-Check Energie“.

Neben diesen Aktivitäten im Bereich des Wohnungsbaus rücken aber auch zunehmend die Industrie-, Wirtschafts- und Verwaltungsgebäude in den Fokus ökologischer Baubestrebungen. Auch in diesem Bereich ist sich das Land der Vorbildfunktion des staatlichen Bauens bewusst. Das Land NRW hat in der jüngsten Vergangenheit im Ergebnis mehrere zukunftsweisende Großvorhaben realisiert oder mit der Umsetzung begonnen. Hier sind insbesondere der Umbau des Ständehauses in Düsseldorf, die neue Fortbildungsakademie des Innenministeriums in Herne oder auch das landesweite Ausbauprogramm der Fachhochschulen mit Neubauten in Bocholt, Gelsenkirchen und Recklinghausen sowie in Sankt Augustin und Rheinbach zu nennen.

Auch der Neubau der Landesvertretung Nordrhein-Westfalens in Berlin gehört zu diesen Projekten.

1.1 Projektziele

Im Rahmen des skizzierten Projektes sollen folgende Ziele verfolgt werden:

Die Sensibilisierung aller beteiligten Akteure hinsichtlich der ökologischen Relevanz des Sektors Bauen und Wohnen,

die Erweiterung der Bemühungen des Ministeriums im Bereich ressourcenschonenden Bauens, welche bisher primär im Wohngebäudesektor angesiedelt waren (siehe u. a. das Handbuch für Ingenieure und Architekten (Bentheim 2002), in Richtung ressourcenschonende gewerbliche Gebäudeplanung, -erstellung und -nutzung und die akteursbezogene Aufbereitung im Sinne eines ‚Lernen für die Zukunft‘, z. B. durch Erarbeitung von Leitsätzen zur ressourcenschonenden Gewerbeplanung, -erstellung und -nutzung und Präsentation der ermittelten Daten.

Die oben genannten Projektziele werden dazu beitragen können, für die einzelnen Phasen des Bauens sowie für die beteiligten Akteure (Planer, Kommunen etc.), zukünftige Optionen ressourcenschonenderen Handelns aufzuzeigen. Darüber hinaus erlaubt die Analyse die Möglichkeiten von Innovationen im gewerblichen Bauen anhand eines konkreten Objektes deutlich zu machen.

1.2 Projektschritte

Zur Erreichung der oben genannten Ziele umfasst das den Bau begleitende Projekt folgende **Schritte**:

1. Die Grobanalyse der Planung der Landesvertretung nach dem MIPS-Konzept (**MIPS = Materialinput pro Serviceeinheit** – siehe Kapitel 3).
2. Die Identifikation von ressourcenintensiven Bauelementen und Baustoffen.
3. Die Diskussion zu Optimierungen und die Entwicklung von Leitlinien, die für zukünftige Planung und Realisierung von Gewerbebauten in der Zuständigkeit landesmittel(teil)finanzierter Institutionen berücksichtigt werden sollten.
4. Die Ermittlung der Stoffströme, die durch das Gebäude verursacht werden (Feinanalyse).
5. Der Vergleich der ermittelten Stoffströme mit konventionellen Bauvorhaben, die ähnliche Nutzungen beinhalten.
6. Die Ermittlung der Stoffströme, die durch den Bau, die Baustelle und die notwendige Infrastruktur entstehen.
7. Die Analyse der durch Baugesetzgebung, Kosten und anderen Faktoren identifizierbaren Hemmnisse bei der Realisierung ressourcenminimierter Lösungen.
8. Die Erstellung eines zusammenfassenden Berichtes über den Planungsprozess, die erreichte Dematerialisierung im Vergleich mit konventionellen Lösungen (siehe Punkt 5), die stoffstromrelevanten Unterschiede zwischen Gewerbe- und Wohnungsbau, die gewonnenen Erkenntnisse und über Empfehlungen für zukünftige Gewerbebauten.

1.3 Struktur des Berichts

Der vorliegende Bericht beginnt mit einer Beschreibung der Relevanz des Bereiches Bauen hinsichtlich der Herausforderungen aber auch Chancen für die Gestaltung einer nachhaltigeren Entwicklung.

Daran anschließend wird mittels des am Wuppertal Institut entwickelten MIPS-Konzeptes die Ressourcenproduktivität des Neubaus und des Betriebes der Landesvertretung NRW in Berlin bestimmt. In diesem Zusammenhang wird auch die in dieser Untersuchung für die MIPS-Analyse eingesetzte Bilanzierungssoftware GaBi (Ganzheitliche Bilanzierung) dargestellt.

In Kapitel 4 wird die Landesvertretung NRW eingehend beschrieben. Diese Beschreibung untergliedert sich in die drei Bereiche Umfeld, Baukörper und Haustechnik.

In Kapitel 5 „Quantitative und qualitative Analyse“ werden einleitend die Systemgrenzen und Rahmenbedingungen der vorliegenden Untersuchung erläutert. Des Weiteren wird in diesem Kapitel die Quantifizierung der Ressourcenproduktivität für den Baukörper, die Haustechnik und die Betriebsphase der Landesvertretung NRW durchgeführt. Zur Einordnung der ermittelten Werte zur Ressourcenproduktivität der Landesvertretung NRW werden zugleich vier Referenzgebäude mit vergleichbaren Annahmen vorgestellt und hinsichtlich ihrer Ressourcenproduktivität analysiert.

Im folgenden Kapitel werden die zuvor ermittelten Ergebnisse der einzelnen Gebäude miteinander verglichen und interpretiert. Hierbei werden sowohl das Gesamtkonzept als auch die einzelnen Komponenten bzw. Kostengruppen diskutiert.

Das Kapitel 7 beinhaltet resümierende Betrachtungen zu den zuvor dargestellten Ergebnissen der Untersuchung und schließt mit der Ausweisung von Optimierungspotenzialen für den Verwaltungsbau der Zukunft.

Im Anhang befinden sich die Ergebnisse der MIPS-Berechnung sowie weitere Tabellen und ergänzende Erläuterungen zu der vorliegenden Studie.

2 Die Relevanz des Bausektors

Vor dem Hintergrund sich weltweit zuspitzender ökologischer, sozialer und ökonomischer Probleme ist im Laufe der letzten Jahrzehnte eine Debatte zu der Frage in Gang gekommen, welches die Leitlinien einer nachhaltigen¹ Entwicklung sein könnten. Eine nachhaltige Entwicklung wurde 1987 von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED)² charakterisiert als „das Handeln, das die Bedürfnisse heutiger Generationen befriedigt, ohne die Befriedigung der Bedürfnisse kommender Generationen zu gefährden“ (Hauff 1987). Zur Sicherung der Lebensgrundlagen heutiger und künftiger Generationen ist eine globale, nachhaltige Entwicklung notwendige Voraussetzung. Somit kann die Frage der Verteilungsgerechtigkeit als Ursprung der Nachhaltigkeitsdiskussion bezeichnet werden.

In der auf der Weltkonferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro³ verabschiedeten Agenda 21, dem Aktionsprogramm der Vereinten Nationen für das 21. Jahrhundert⁴, wurde dieses Leitbild der nachhaltigen Entwicklung weiter konkretisiert. Der Agenda 21 folgend, ist die weitere Entwicklung nur dann nachhaltig, wenn sie

- dauerhaft umweltgerecht,
- sozial verträglich und
- wirtschaftlich tragfähig ist sowie
- die gesellschaftlich wichtigen Gruppen beteiligt.

Zur Veranschaulichung lassen sich diese Anforderungen als die sog. drei Dimensionen (Ökologie, Ökonomie und Soziales) der Nachhaltigkeit darstellen und werden dann als Dreieck der Nachhaltigkeit bezeichnet.

¹ Vgl. den Bericht der [Enquete-Kommission, 1993 #1553] Bundestages, E.-K. S. d. M. u. d. U. d. D. (1993). „Verantwortung für die Zukunft - Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen.“ Bonn.

² Nach der Vorsitzenden wird diese Kommission oft ‚Brundtland-Kommission‘ genannt, die auch den nachfolgend genannten Brundtland-Bericht erstellt hat [WECD, 1987 #1559] WECD (1987). „Brundtland-Bericht: Our common future.“ New York.

³ <http://www.un.org/esa/sustdev/>

⁴ <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21.htm>

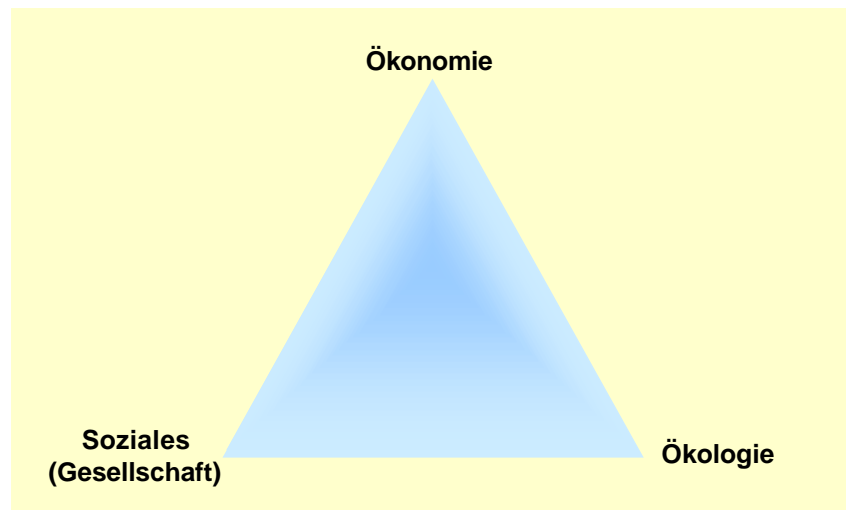


Abbildung 1: Die drei Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung.

Mit der Agenda 21 hat die UN-Konferenz von Rio Leitlinien festgelegt, wie die globale Entwicklung im 21. Jahrhundert international, national, regional und lokal auf eine tragfähige Basis gestellt werden kann. In vierzig Einzelkapiteln werden sieben sektorübergreifende (z.B. Armutsbekämpfung) und vierzehn sektorspezifische Themen (z.B. Bekämpfung der Entwaldung) angesprochen. Im Einzelnen werden die Rollen gesellschaftlich relevanter Gruppen für eine zukunftsverträgliche Entwicklung und die Möglichkeiten der Umsetzung der Agenda im nationalen und internationalen Raum thematisiert.

Bei dem Versuch der Umsetzung der auf dem Rio-Gipfel verabschiedeten Leitlinien auf der nationalen Ebene zeigte die gesellschaftliche Diskussion sehr schnell, dass dem Bereich Bauen und Wohnen eine zentrale Bedeutung zukommt. Ein sich anschließender Blick in die Vergangenheit der Stadtentwicklung und den Städtebau in Deutschland soll helfen, die heutige Baukultur nachvollziehbarer zu machen. Darauf aufbauend werden die ökologischen Implikationen dieser Baukultur kurz dargelegt, um später die Ergebnisse dieser Untersuchung besser in den nationalen ökologischen Gesamtkontext einordnen zu können.

2.1 Bauen und Wohnen aus ökologischer Sicht

Der Ressourcenverbrauch

Bereits 1995 wurde eine, sich an der amtlichen Wirtschaftsstatistik orientierende Betrachtung des Materialverbrauchs nach Bedarfsebenen durchgeführt (Behrensmeier and Bringezu 1995). Es zeigte sich, dass die weitaus größte Materialentnahme aus der Umwelt mit dem Bedarfsebene Wohnen verbunden ist, welches allein 29 % des Gesamtwertes⁵ ausmacht. Auch wenn diese Bilanzierung rund sechs Jahre alt ist, ergeben aktuelle Übersichtsrechnungen des Wuppertal Institutes ähnliche Größenordnungen.

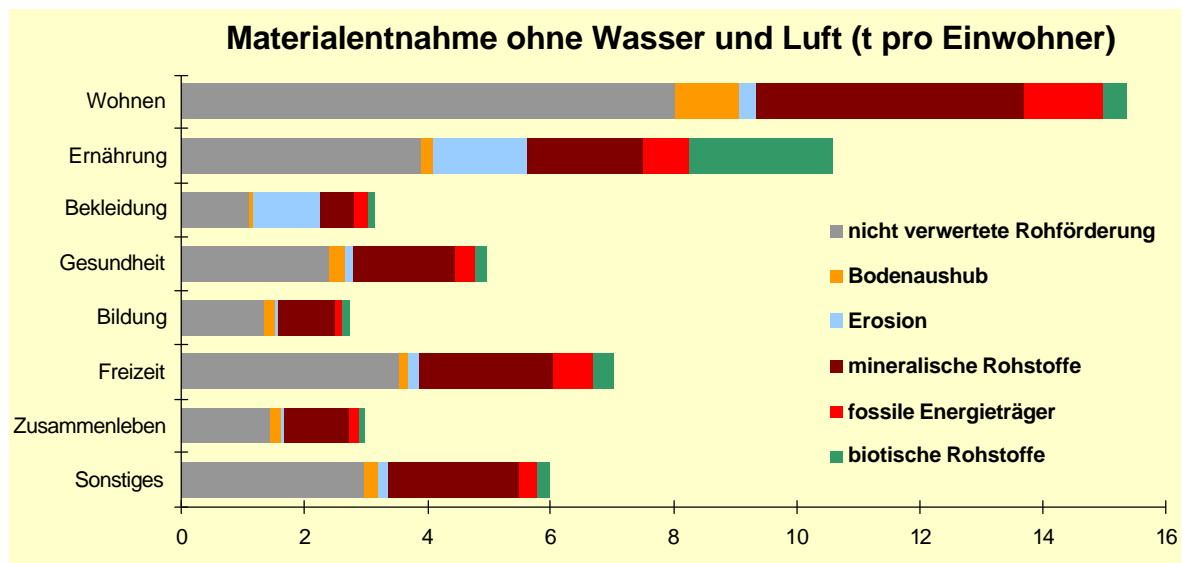


Abbildung 2: Der globale Materialaufwand der alten Bundesländer 1990 nach Bedarfsebenen (Behrensmeier und Bringezu 1995).

Das bedeutet, dass der durch einen Bundesbürger bedingte Naturverbrauch zu mehr als einem Viertel aus der Art des Wohnens resultiert. Dazu gehören alle Baurohstoffe und Ressourcen, die eingesetzt werden müssen, um das Haus oder die Wohnung zu bauen und in Stand zu halten, die Energie für Licht und Heizung sowie natürlich auch die Materialaufwendungen, die am Ende des Lebenszyklus entstehen, um das Gebäude rückzubauen.

Allein in Deutschland werden jährlich rund 500 Mio. Tonnen Sand, Kies und Natursteine abgebaut. Ebenfalls beachtlich ist der Anteil der Bauwirtschaft an den bundesweit 300 Mio. Tonnen Abfällen. Je nach Definition und Abgrenzung beträgt das Bauabfallaufkommen jährlich um die 220 Mio. Tonnen.⁶ Diese Massen aus Umbau und Abbruch von Gebäuden, der Neubau fällt dabei in Relation nicht so stark ins Gewicht, stammen zu drei Vierteln aus dem Erdaushub und das restliche Viertel verteilt sich etwa zu gleichen Teilen auf Bauschutt und

⁵ Die Berechnung der gesamten Materialentnahme orientiert sich an der amtlichen Wirtschaftsstatistik und bezieht sich auf das frühere Bundesgebiet im Jahr 1990. Innerhalb dieser Analyse werden die in der Wirtschaftsstatistik unterschiedenen 58 Produktionssektoren zu 23 Sektoren zusammengefasst. Die 29% beziffern den materiellen Aufwand, der jährlich mit dem Bau neuer Wohnungen, dem Ausbau und der Instandhaltung bestehender Gebäude und mit deren Unterhaltung (Heizung etc.) verbunden ist.

⁶ Vgl. Deutscher Bundestag (Hrsg.) (1997).

Straßenaufbruch. Der Anteil an sonstigen Baustellenabfällen ist nicht genau bekannt, da diese in der Regel mit Hausmüll oder anderen Gewerbeabfällen entsorgt werden. Bemühungen zur Schließung von Stoffkreisläufen im Bausektor zielten in den vergangenen Jahren vornehmlich auf Reststoffe aus dem Tiefbau, für die sich bereits gut eingeführte Verwertungstechniken etabliert haben. Die hierbei eingesetzten Aufbereitungstechniken gelten als technisch ausgereift, insofern die Bauabfälle keine nennenswerten Bestandteile an Schad- und Störstoffen enthalten⁷. Für ca. 45 Mio. Tonnen Reststoffe jährlich, die aus dem Gebäudebestand durch Abbruch, Umbau oder Sanierung von Gebäuden ausgetragen werden, existieren dagegen bislang kaum schlüssige Lösungsvorschläge (Schultmann und Rentz 1999).

Nach Ergebnissen des Statistischen Bundesamtes von 1996 betrug das gesamte Aufkommen an Baureststoffen in Deutschland 1996 rd. 220,0 Mio. t. Hiervon waren 136,8 Mio. t (62 %) Bodenaushub, 58,1 Mio. t (26,7 %) Bauschutt, 17,5 Mio. t (8 %) Straßenaufbruch, 6,45 Mio. t (1,8 %) Baustellenabfälle und 0,99 Mio. t (0,6 %) Bau- und Abbruchholz.

Die größte Recyclingquelle stellte Bauschutt mit einer Quote von 70,2 % dar. Weitere 6,57 Mio. t wurden übertägig im Bergbau verwendet und 3,19 Mio. t durch die öffentliche Hand direkt verwertet, so dass noch 7,37 Mio. t (12,7 %) deponiert werden mussten. Zweitgrößte Quelle für das Recycling war der Straßenaufbruch mit fast 80 %. Das Aufkommen der Baustellenabfälle nahm im Laufe der letzten Jahre immer weiter ab. Dies resultiert aus der Trennung zwischen Bauschutt und Baustellenabfällen durch Bereitstellung stoffspezifischer Container bereits auf der Baustelle. 54 % der Baustellenabfälle gingen in Anlagen zur Aufbereitung und Verwertung, in denen die Wertstoffe wie Metalle, Kabel etc. aussortiert und die Reststoffe zur Ablagerung bzw. zur energetischen Verwertung weitergeleitet wurden. Für den Bodenaushub gilt, dass der überwiegende Teil (44 %) im Bergbau verwertet wurde. Ein weiterer Anteil (30 %) entfiel auf die direkte Verwertung durch die öffentliche Hand. Immerhin wurden noch rd. 16 % deponiert und nur 9,8 % recycelt, d.h. im Wesentlichen durch Aussortieren größerer Steine und Felsen aus dem Bodenaushub. Unbedeutend gering war der Anteil der Kompostierung oder die Behandlung in anderen Anlagen mit 0,38 Mio. t (0,3 %).⁸ Aus diesen Zahlen lässt sich ableiten, dass pro Bundesbürger rd. 140 kg jährlich an Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfällen deponiert werden müssen.⁹ An Bodenaushub kommen noch einmal rd. 270 kg pro Kopf und Jahr dazu.

Dass dringender Handlungsbedarf bei der Lösung der Baureststoffproblematik vonnöten ist unterstreicht die Relation der abgerissenen Wohnungen im Verhältnis zu den neu erstellten Wohnungen. Während die Zahl 1996 bei insgesamt 18.129 abgängigen Wohnungen lag, wurden in dem gleichen Jahr 590.322 Wohnungen fertig gestellt. Das Verhältnis der abgerissenen Wohnungen zu den neu erstellten lag damit bei nur rd. 3 %. Diese Zahlen belegen, dass der Überhang eines mineralischen Zuflusses in den Gebäudebestand um den Faktor 10 den Abfluss aus dem Abbruch aus Hoch- und Tiefbau übersteigt.

⁷ Störstoffe bezeichnen dabei qualitätsmindernde Bestandteile für die Verwertung mineralischer Reststoffe. Schadstoffe sind demgegenüber toxische und umweltgefährdende Stoffe.

⁸ Alle Angaben nach Bauwesen, F. R. u. W. i. (2000). 1. Monitoring-Bericht des Kreislaufwirtschaftsträgers Bau (KWTB). Bremen.

⁹ Diese Werte schwanken selbstverständlich von Kommune zu Kommune. So weist beispielsweise der Kreis Mettmann für das Jahr 1996 eine Deponiemenge je Einwohner von 0,28 t auf, der Kreis Neuss von 0,22 t, der Kreis Kleve von 0,05 t und der Kreis Wesel von 0,08 t je Einwohner Ibid..

Der Energieeinsatz und die Kohlendioxidemissionen

Der Stellenwert des Bereichs Bauen und Wohnen wird auch durch die näherungsweise Quantifizierung seines Beitrags zum Endenergieeinsatz und zu den energiebedingten CO₂-Emissionen deutlich (vgl. Abbildung 3). Im weitesten Sinne können dem Bereich als Verursacher rund 4.250 PJ (ca. 28 %) Endenergieeinsatz und dadurch bedingte Emissionen von knapp 400 Mio. t CO₂ bzw. 45 % der CO₂-Emissionen Deutschlands des Jahres 1995 zugeordnet werden. Mit rund 245 Mio. t entfallen fast zwei Drittel dieser 45 % auf die Haushalte, wobei die Beheizung von Wohngebäuden mit etwa 176 Mio. t bzw. 20 % der CO₂-Emissionen Deutschlands den größten Anteil ausmacht. Der Bereich Bauen und Wohnen kommt also sowohl im Hinblick auf die CO₂-Emissionen als auch auf die Ressourcenverbräuche eine große Relevanz zu für den Eintritt in eine zukunftsfähige Entwicklung.

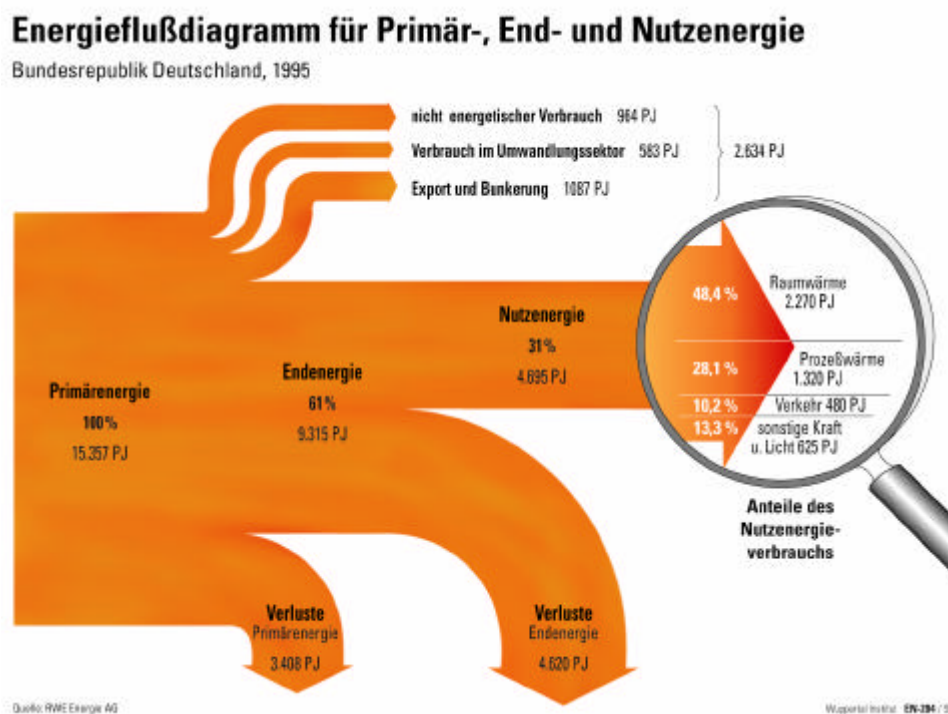


Abbildung 3: Bedeutung der Raumwärme am Energiefluss Deutschlands im Jahr 1995.

2.2 Der Bereich des Nicht-Wohnungsbaus

Fragen des ökologischen und energiesparenden Bauens haben inzwischen bei Wohnbauten einen hohen Stellenwert erlangt. Bei öffentlichen und gewerblichen Verwaltungsbauten nimmt ihre Bedeutung seit einiger Zeit zu. Weitgehend unbeachtet geblieben ist diese Thematik allerdings bei öffentlichen und gewerblichen Bauten, die weder Wohn- noch Bürobauten sind. Hierzu gehört die große Gruppe der Industriebauten (z.B. Produktions- und Lagerhallen, Werkstätten, Großgaragen, Ausstellungshallen), aber auch Bauten im öffentlichen Bereich, die damit gut vergleichbar sind (z.B. Labor- und Hörsaalbauten von Hochschulen, Sporthallen, Feuerwehrentralen, Hallen auf Messengeländen, an Bahnhöfen und Flughäfen u.a.m.). Eine beispielhafte Analyse für den Kaufhausbereich ist im Rahmen des durch das Förderprogramm Quatro des Landes NRW unterstützten Projektes „Ökokaufhaus, Qualifizierung im Handel mit ökologischen Produkten und Dienstleistungen“ durch das Wuppertal Institut durchgeführt worden.

Industriebau unterscheidet sich vom Wohnungs- oder auch Büro- bzw. Verwaltungsbau durch bestimmte markante Kriterien (s.u.), so dass die Erkenntnisse aus dem energiesparenden und ökologischen Bauen von Wohn- und Bürobauten nur sehr eingeschränkt und in Teilaspekten überhaupt nicht übertragbar sind.

Es erscheint notwendig, die Informationsbasis bzgl. der Möglichkeiten zu verbessern, wie auch Industriebauten (und vergleichbare Gebäude) ökologisch orientiert geplant und realisiert werden können. Dabei sollte möglichst eine ökologische Gesamtbetrachtung angestellt werden, d.h. nicht nur der Aspekt der Energieeffizienz, sondern es sollten ebenso Aspekte wie städtebaulicher Gesichtspunkte und die lebenszyklusweit verursachten Stoffströme betrachtet werden. Erste Arbeiten dazu sind u.a. bei der Energieagentur NRW und dem Wuppertal Institut im Gang.

Zentrale Hemmnisse sind in diesem Bereich die Erwartung niedriger Amortisationszeiten bei den Investoren (Pay-back-gap) sowie Informations- und Qualifikationsmängel bei den Planenden und Ausführenden. Hinzu kommt, dass viele Investoren noch nicht erkannt haben, dass auch im Bereich der Wirtschaftsbauten Handlungsbedarf besteht. Als Kooperationspartner sollten die Industrie- und Handelskammern, die Architekten- und die Ingenieurkammer, die Bauindustrie, Investoren, kommunale Wirtschaftsförderungseinrichtungen, die Bundesregierung und Stiftungen gewonnen werden.

Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, die nachfolgend aufgeführten besonderen Aspekte von Industriebauten hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz untersuchen zu lassen und die wesentlichen Erkenntnisse hieraus (inklusive Handlungsempfehlungen) in einem Handbuch (z. B. vergleichbar mit dem von der Bundesarchitektenkammer herausgegebenen Handbuchs „Energiegerechtes Bauen und Modernisieren“ (Wuppertal Institut, Planungsbüro Schmitz et al. 1996) zusammenzufassen:

- im Industriebau fällt der ganze Innenausbau weg (Trennwände usw., deshalb z.B. andere Belüftungs- und Wärmespeicherbedingungen);
- die Fassaden erreichen große Flächen bei mehreren Geschosshöhen (Stichworte sind Photovoltaik-Fassaden, Wärmedämmfassaden, möglichst wirtschaftliche Gestaltung wegen der großen Fläche);

- große Dachflächen begünstigen die Nutzung von Solarenergie (z.B. Photovoltaikdächer, solarthermische Anlagen für Warmwasserbereitung und Heizzwecke, natürliche Beleuchtung über die Dachflächen);
- der Energiebedarf für Heizung, Kühlung und Beleuchtung kann u.U. mit der Eigenproduktion zur Deckung des Prozessenergiebedarfs verbunden werden (industrielle Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung);
- große Mengen an Produktions-Abfällen oder auch Einweg-Paletten können evtl. energetisch genutzt werden (z.B. Biomasse-BHKW);
- der Wärmebedarf ist vergleichsweise geringer als im Verwaltungsbau;
- Industriebauten weisen oft viele Tore auf, bei Speditionen auch „Überladebrücken“ (innen liegende Rampen) mit hohen Wärmeverlusten;
- in Industriebauten findet häufig ein hoher Verbrauch von Wasser statt (macht evtl. die Nutzung von Regenwasser besonders interessant);
- es müssen fast immer Vorrichtungen für die Lagerung von Gefahrstoffen eingerichtet werden (Bodenabdichtungen, Auffangwannen);
- hoher Versiegelungsgrad durch Bauten (Fläche statt Höhe);
- zusätzlich hoher Versiegelungsgrad auf nicht bebauten Flächen (große Anzahl von Parkplätzen und sonstigen Nutzflächen);
- die Infrastrukturanbindung ist bei Industriebauten besonders wichtig (oft Bahnanschluss nutzbar zum Transport der Produkte, Straßenanbindungen haben hohen Versiegelungsgrad);
- große Tragweiten (spezielle Tragkonstruktionen);
- hohe Belastung der Industrieböden (müssen hochelastisch und kostengünstig sein);
- innerer Schallschutz spielt geringere Rolle als im Verwaltungsbau;
- Schallschutz nach außen ist wichtig (deshalb ist evtl. die Nutzung von Bodenaushub für einen begrünten Lärmschutzwall interessant, der zugleich als Windschutz dienen kann);
- Industriebauten sind eher Zweckbau als Aushängeschild (dadurch zum Teil Problem einer schlechten Verknüpfbarkeit mit vorhandener oder neuer Wohnbebauung sowie mit der Zerstörung des Freizeitwerts von Landschaft);
- Industriebauten werden auf eine geringe Lebensdauer hin geplant (nur ca. 30 Jahre, Verwaltungsbauten 50-80 Jahre, Wohnbauten 100 Jahre und mehr), wodurch die Wiederverwend- bzw. Wiederverwertbarkeit verwendeter Materialien relativ noch bedeutsamer ist;
- der Investor erwartet in der Regel sehr niedrige Amortisationszeiten;
- der akzeptierte Preis liegt im Industriebau deutlich niedriger (bei ca. 175 Euro/m³, im Verwaltungsbau bei ca. 275 Euro/m³);
- ästhetische Kriterien spielen im Industriebau eine andere Rolle (das ermöglicht evtl. eher den Einsatz von Recycling-Materialien, einfachen Bauweisen, einfache geschlossene Fassaden, Metallfassaden);
- Wände werden oft unbehandelt gestrichen;
- Lastenaufzüge und notwendige Treppen besitzen oft keine gestaltende Funktion (anders als im Verwaltungsbau);
- die politischen Rahmenbedingungen (auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene) sind bisher auf die Erschließung von Gewerbegebieten und die Errichtung von Industriebauten

ausgerichtet, nicht auf deren Gestaltung (völlig anders als im Bereich Wohnungsbau und zunehmend im Bereich Bürobauten).

3 Das MIPS-Konzept

Es gibt viele Versuche, die Umweltverträglichkeit von Produkten und Gütern - im weitesten Sinne – zu bestimmen. Die meisten dieser Methoden stellen die mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produktes verbundenen Emissionen und auftretende Schadstoffe in den Vordergrund. Die Liste relevanter Emissionen wächst dabei stetig. Vielen ehemals als ungefährlich eingeschätzten Stoffen, wie etwa CO₂ oder FCKWs, wird heute eine hohe Bedeutung, etwa als Klimagase beigemessen. Dies zeigt deutlich, dass unser Wissen über die Wirkungen von Emissionen sehr begrenzt ist und meist erst dann zur Verfügung steht, wenn bereits Schädigungen unserer natürlichen Umwelt eingetreten sind. Auch in Zukunft werden wir nicht in der Lage sein, alle relevanten Wirkungen von Stoffen auf die Umwelt oder gar die Folgen des Zusammenwirkens unterschiedlichster Stoffe zu erfassen und zu beschreiben. Aber selbst die bisherigen ausschnittsweisen Betrachtungen sind enorm aufwendig und nur exemplarisch durchführbar.

Es bietet sich an, eine inputseitige Betrachtung der Umweltbelastungspotenziale von Gütern und Dienstleistungen vorzunehmen. Das MIPS-Konzept bietet eine einfache Möglichkeit, diese Umweltbelastungspotenziale im allgemeinsten und weitesten Sinne richtungssicher zu bestimmen. **MIPS** steht für **M**aterial**i**nput **p**ro **S**erviceeinheit und gibt an, wie viel Ressourcen (im MIPS-Konzept „Material“ genannt) für ein Produkt oder genauer für den Nutzen den ein Produkt spendet, insgesamt eingesetzt werden. Basis einer solchen Untersuchung ist die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus, dabei werden alle Phasen (Herstellung, Nutzung und Recycling/ Entsorgung) des Produktlebens betrachtet (Schmidt-Bleek 1994; Schmidt-Bleek 1998).

Bei der Durchführung einer Analyse nach dem MIPS-Konzept werden alle technisch verursachten Stoffbewegungen in der Ökosphäre betrachtet. Es werden alle Materialien gezählt, die durch den Menschen bewegt werden. Damit wird eine Systemgrenze zwischen der Ökosphäre – der natürlichen Umwelt – und der Technosphäre, die alle Aktivitäten des Menschen umfasst, gezogen. Die Technosphäre ist in die Ökosphäre eingebettet und tauscht mit ihr Stoffe aus. Auf der Inputseite fließen Ressourcen in die Technosphäre, auf der Outputseite werden diese Ressourcen früher oder später in der gleichen oder in einer geänderten Form wieder an die Natur zurückgegeben (etwa in Form von Abraum, Abfällen, Abgasen oder Abwasser) (Ritthoff et al. 2002).

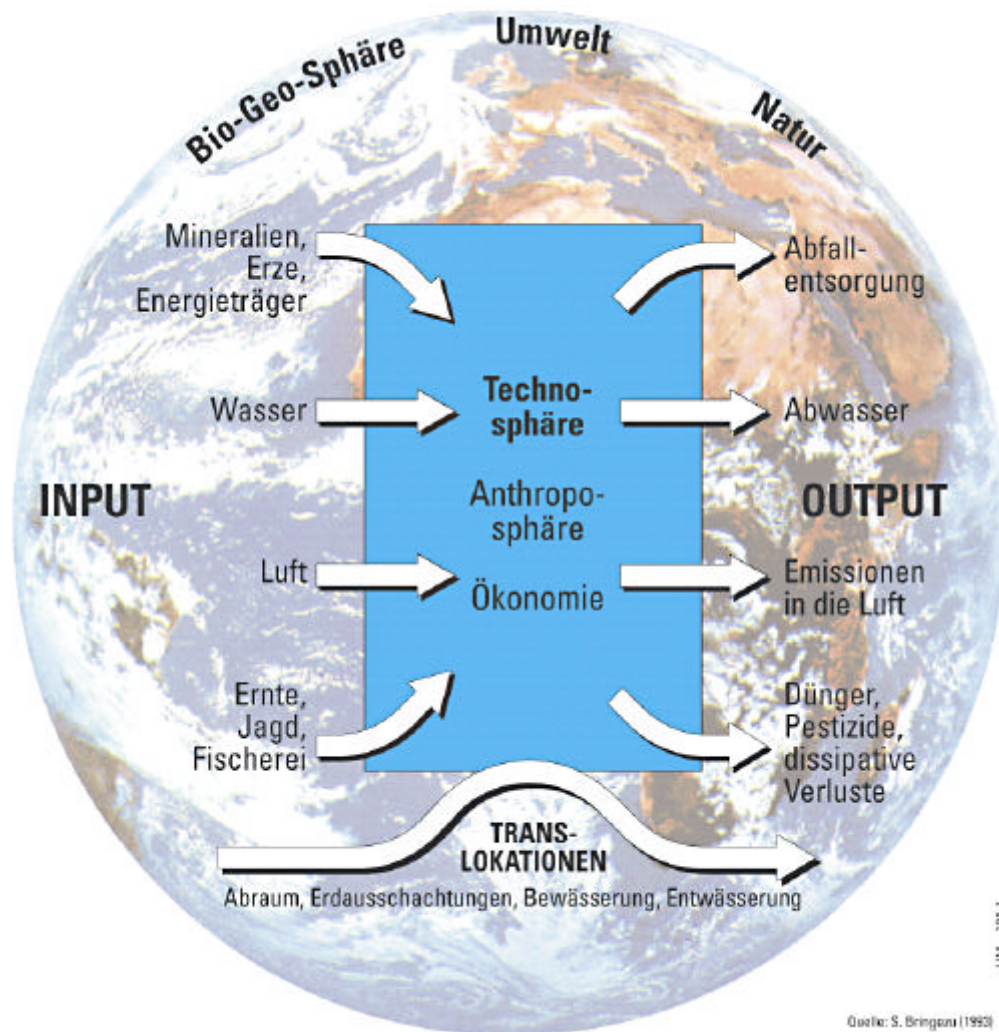


Abbildung 4: Wirkung der Technosphäre auf die Ökosphäre

Da die Anzahl der Inputs meist deutlich geringer ist als die Anzahl der Outputs, und weil die Inputmengen überwiegend einfach zu bestimmen sind, ist eine Inputbetrachtung deutlich einfacher als eine Outputbetrachtung. Für die mit den Inputs verbundenen Umweltwirkungen gilt dabei generell, je weniger Material in die Technosphäre gelangt, sei es auch nur für eine sehr kurze Zeit, desto weniger werden natürliche Stoffflüsse und Kreisläufe beeinflusst und desto weniger Stoffe werden in die Natur abgegeben und belasten die Umwelt.

Im MIPS-Konzept (Schmidt-Bleek 1994) werden die Materialinputs getrennt nach fünf verschiedenen Inputkategorien erfasst. Diese fünf Kategorien sind:

- abiotische Rohstoffe (wie mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger, Bodenaushub),
- biotische Rohstoffe (wie Holz, pflanzliche Biomasse)
- Bodenbewegung in der Land- und Forstwirtschaft (oder Erosion),
- Wasser und
- Luft.

Durch die Unterscheidung der Inputs in die genannten Kategorien wird die klassische Trennung zwischen den Umweltbereichen Boden, Wasser und Luft berücksichtigt, wobei der Umweltbereich Boden in drei Kategorien (abiotische Rohstoffe, biotische Rohstoffe und Bodenbewegungen) aufgeteilt wird, um eine differenziertere Betrachtung zu ermöglichen. Die

einzelnen Materialinputs werden nur innerhalb der Inputkategorien aufaddiert und ergeben den Materialinput des betrachteten Guts. Man erhält mit dem MIPS-Konzept also fünf Kennzahlen, die für eine Bewertung der Umweltwirkung herangezogen werden.

Um zu überschaubaren, richtungssicheren Aussagen zu gelangen, kann es in einzelnen Fällen sinnvoll sein (z.B. für den Vergleich von Holz- und Massivbauweise), die Kategorien abiotische und biotische Rohmaterialien zusammenzuziehen. Diese Aggregation, zuzüglich Erosion, wird als **TMR** (Total Material Requirement) bezeichnet.

Für die unterschiedlichsten Materialien, Stoffe und Energieträger liegen im Wuppertal Institut MI-Werte vor, auf deren Basis der Ressourcenverbrauch z.B. von Gebäuden berechnet werden kann. Für die Nutzungsphase der Gebäude muss der Heizenergie- und Strombedarf berücksichtigt werden. Elektrizität und Wärme wiegen nichts, hier werden all die Materialverbräuche ausgewiesen, die zur Bereitstellung der eingesetzten Menge elektrischer Energie bzw. Wärme benötigt werden. Durch dieses Vorgehen wird der Tatsache Rechnung getragen, dass energiebedingte Schädigungen des Ökosystems auch durch die mit der Energiebereitstellung verbundenen Stoffströme entstehen und nicht nur durch den Einsatz der Energie selbst.

Um verschiedene Produkte und Dienstleistungen miteinander vergleichen zu können, wird eine **Serviceeinheit** definiert. Diese bezieht sich auf die Nutzung eines Produkts (z.B. ein Personenkilometer beim Auto). Der Materialinput pro Serviceeinheit ergibt sich dann aus dem gesamten lebenszyklusweiten Materialeinsatz bezogen auf die entsprechende Serviceeinheit. Für Gebäude ist die Serviceeinheit meist als Quadratmeter Wohn- bzw. Nutzfläche pro Jahr definiert.

Grenzen des Konzeptes

MIPS hat wie jedes andere Bewertungskonzept seine Grenzen. Diese ergeben sich bei MIPS daraus, dass es ein unspezifischer Indikator ist. Dem Vorteil, dass allgemein richtungssichere Aussagen getroffen werden können steht gegenüber, dass bei der Betrachtung einiger Details MIPS naturgemäß keine Aussagen liefern kann. Die meisten dieser Fragestellungen sind jedoch Gegenstand des Umweltrechts oder des Chemikalienrechts. MIPS ist also nicht dazu geeignet, die bestehende Gefahrstoffpolitik umfänglich zu ersetzen; allerdings ermöglicht MIPS eine aussagekräftige und richtungssichere Beurteilung der Umweltwirkung von Produkten und Dienstleistungen.

MIPS in der Praxis

Das MIPS-Konzept wurde bereits vielfach im Baubereich eingesetzt. Auf der Basis solcher Untersuchungen konnten für unterschiedlichste Dämmstoffe, sonstige Baustoffe und Bauelemente MI-Werte ermittelt werden. Beispielhaft werden im Folgenden zwei Varianten einer Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem dargestellt.

Variante I: Porenbetonwand mit Steinwolle-Dämmung (Wärmedämmverbundsystem)

Schichtenfolge von innen nach außen

Schichtdicke [m]	Dichte [kg/m ³]	Gewicht [kg/m ²]	Wärmeleitfähigkeit	Material	Abiot. Material [kg]	Biot. Material [kg]	Wasser [kg]	Luft [kg]	Elektr. Energie [kWh]
0,015	1.200	18	0,35	Innenputz	21	0	8	0,3	0,3
				Strom	2	0	28	0,2	
				Innenputz inkl. Strom	23	0	36	0,5	
0,24	500	120	0,22	Porenbeton	232	0	262	22	19
				Strom	86	0	1.492	11	
				Porenbeton inkl. Strom	318	0	1.754	33	
0,14	60	8,4	0,04	Steinwolle	16	0	26	12	4
				Strom	17	0	307	2	
				Steinwolle inkl. Strom	33	0	333	14	
0,008	1.800	14,4	0,87	Außenputz	18	0	10	0,6	0,5
				Strom	2	0	39	0,3	
				Außenputz inkl. Strom	20	0	49	0,9	
				Summe ohne Strom	287	0	306	35	
				Summe Strom	107	0	1.866	14	
		160,8		Gesamt	394	0	2.172	48	

Tabelle 1: MI-Werte für eine Porenbetonwand mit Steinwollendämmung (k = 0,21 W/mK)

Variante II: Porenbetonwand mit EPS-Dämmung (Wärmedämmverbundsystem)

Schichtenfolge von innen nach außen

Schichtdicke	Dichte	Gewicht	Wärmeleitfähigkeit	Material	Abiot. Material	Biot. Material	Wasser	Luft	Elektr. Energie
[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]			[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kWh]
0,015	1.200	18	0,35	Innenputz	21	0	8	0,3	0,3
				Strom	2	0	28	0,2	
				Innenputz inkl. Strom	23	0	36	0,5	
0,24	500	120	0,22	Porenbeton	232	0	262	22	19
				Strom	86	0	1.492	11	
				Porenbeton inkl. Strom	318	0	1.754	33	
0,14	20	2,8	0,04	EPS	16	0	77	8	3
				Strom	15	0	296	2	
				Steinwolle inkl. Strom	31	0	373	10	
0,008	1.800	14,4	0,87	Außenputz	18	0	10	0,6	0,5
				Strom	2	0	39	0,3	
				Außenputz inkl. Strom	20	0	49	0,9	
				Summe ohne Strom	287	0	306	35	
				Summe Strom	105	0	1.855	14	
		160,8		Gesamt	392	0	2.161	49	

Tabelle 2: MI-Werte für eine Porenbetonwand mit EPS-Dämmung (k = 0,21 W/mK)

Sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung ist das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems eine sehr kostengünstige Möglichkeit, die wärmetechnischen Anforderungen an eine Außenwand zu erfüllen. Große Dämmstoffstärken von 20-30 cm für Niedrigenergie- und Passivhäuser sind Stand der Technik.

Üblicherweise werden entweder Mineralwolle oder Polystyrol-Dämmstoffe für Wärmedämmverbundsysteme eingesetzt. Sonstige Dämmstoffe sind für diesen Verwendungsbereich nur bedingt geeignet oder erst in der Erprobungsphase, so z.B. Kork (begrenzte Ressourcen), Schilfrohmatten (schlechter Dämmwert) oder Zellulosedämmstoffe (noch in der Beständigkeitsphase).

Eine kritische Beurteilung dieser Bauweise liegt vor allem in den Produktlinien der Baustoffe begründet. Polystyrol und andere organische, geschäumte Dämmstoffe weisen z.B. Optimierungspotenziale bezüglich des Energieeinsatzes und der vielen Prozessschritte auf. Unabhängig vom gewählten Dämmstoff ist beim Wärmedämmverbundsystem der Rückbau mit erhöhtem Aufwand verbunden, da die verschiedenen Materialien nicht mehr ohne weiteres getrennt entsorgt und recycelt werden können.

Eine Übersicht über Stoffströme beim Modernisieren von Gebäuden, und Möglichkeiten diese zu minimieren, konnte in einem praxisorientierten Handbuch zusammengestellt werden (Lehmann et al. 2000).

Verwendetes Analyseinstrument (GaBi®)

Die Durchführung der Materialintensitätsanalysen in diesem Projekt erfolgten unter Zuhilfenahme des Ökobilanzierungsprogramms „GaBi3“ (Ganzheitliche Bilanzierung) des IKP Universität Stuttgart und der PE Product Engineering GmbH. Das Softwaresystem GaBi3 ist als ein spezifisches Datenbanksystem zur Erstellung von Lebenszyklusbilanzen konzipiert (GaBi 2002). Es unterstützt den Anwender beim Verwalten großer Datenmengen. Die einzelnen Prozesse im Produktlebenszyklus werden in einer graphischen Darstellung zu kompletten Prozessplänen modelliert. Auf dieser Grundlage können ökologische Bilanzen und Analysen erstellt und nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet werden. Für komplexe Zusammenhänge können Szenarien berechnet werden. Die umfassenden Daten des Wuppertal Institut wurden in GaBi integriert und wo nötig durch zum System gehörende Sachbilanz-Daten ergänzt. Für die Landesvertretung und die Vergleichsgebäude wurden die notwendigen Primärdaten erhoben und in das System integriert.

4 Beschreibung der Landesvertretung NRW in Berlin

Der Wettbewerb zum Neubau der Landesvertretung NRW in Berlin war als begrenzt-offener Wettbewerb mit vorgeschaltetem Bewerbungsverfahren ausgelobt. In der Aufgabenstellung des Wettbewerbs wurden besondere Anforderungen an die Zeichenhaftigkeit des Gebäudes, an seine Architektur und an seine Gestalt- und Formensprache gestellt. Das Gebäude soll zum sichtbaren Ausdruck des Bauens zu Beginn des 21. Jahrhunderts werden. Dabei wurde besonderer Wert auf die Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte, die bereits in der Konzeption des Gebäudes und der Freianlagen die Prinzipien des Ökologischen und ressourcensparenden Bauens nachvollziehbar zum Ausdruck bringen, gelegt.

Am 4. Mai 1999 hat die Landesregierung entschieden, die neue Landesvertretung NRW in Berlin nach den Plänen des Düsseldorfer Architekten Petzinka Pink zu bauen.

Die Kosten des Gebäudes beliefen sich auf rund 27,1 Mio. Euro. Für besondere baupolitische Ziele wurden weitere 2,7 Mio. Euro zur Verfügung gestellt. Hierfür wurden u.a. ein Erdkanal, eine Fotovoltaik-Anlage und eine Brennstoffzelle realisiert.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Gebäudedaten zusammengestellt.

Baujahr	06/2000 – 11/2002
Architekten	Petzinka Pink Architekten, Düsseldorf
Grundstück	Hiroshimastr. 12-16, Berlin
Gesamtbaukosten	rund 30 Mio. Euro
Gebäudenutzfläche	9122,76 m ²
Gebäudevolumen (beheizt)	28.508,62 m ³
A/V-Verhältnis	0,26
Jahresheizwärmebedarf Q _H	41.3191 kWh/a
Nutzflächenbezogener Heizwärmebedarf	45 kWh/m ² /a

Tabelle 3: Gebäudedaten der Landesvertretung NRW in Berlin

4.1 Umfeld, Stadtbild, Nutzung

Der Standort für den Neubau der Landesvertretung befindet sich in der Hiroshimastraße im Berliner Tiergartenviertel - dem historischen Berliner Diplomatenviertel. In unmittelbarer Nachbarschaft befinden sich weitere Botschaften und Landesvertretungen – u.a. die Botschaften Japans und der Vereinigten Arabischen Emirate und Landesvertretung Bremen.

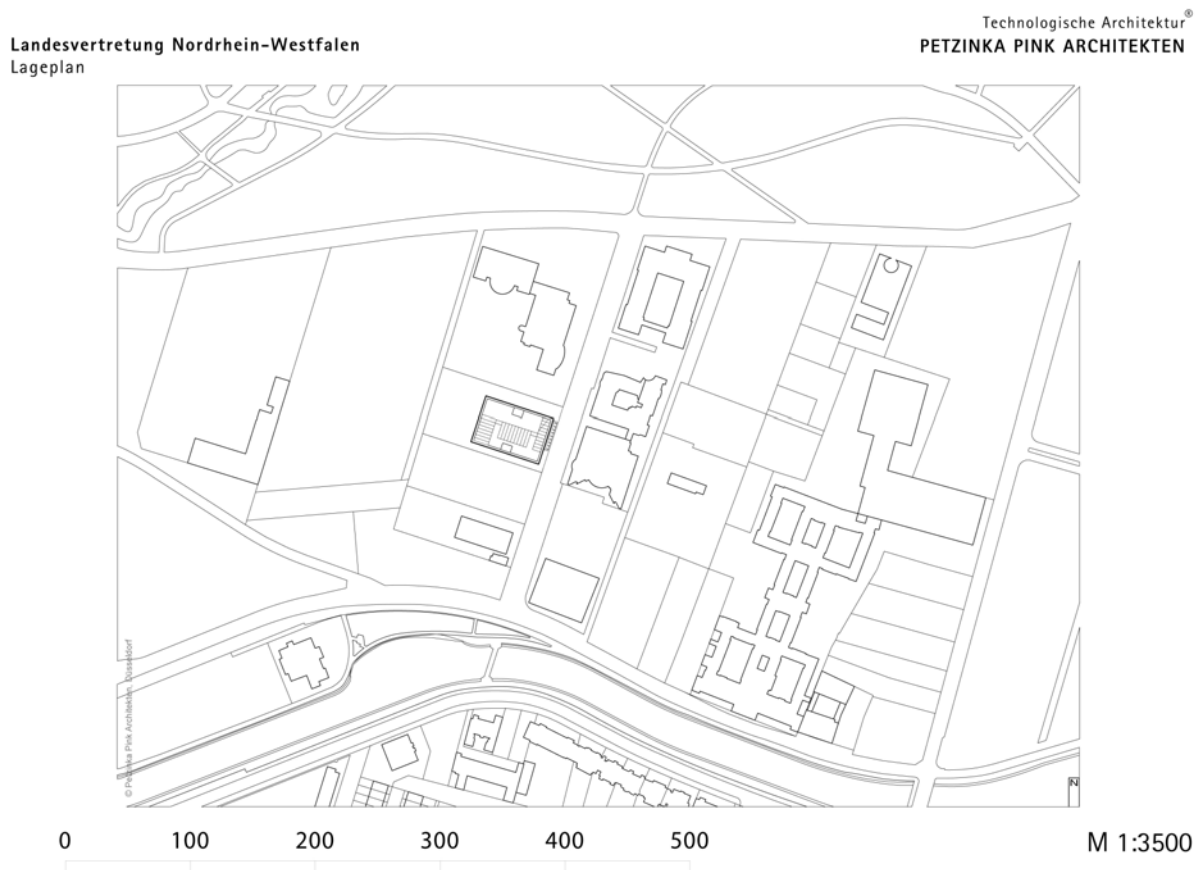


Abbildung 6: Lageplan der Landesvertretung NRW im Berliner Tiergartenviertel (Quelle: www.petzinka-pink.de)

Das Verwaltungsgebäude beinhaltet neben Büros Empfangs- und Ausstellungsräume, Mehrzwecksäle verschiedener Größe und Ausstattung, eine Großküche und einige Apartments. Es liegt also im Vergleich zu anderen Verwaltungsbauten eine multiple, diversitäre Nutzungsform vor.

4.2 Baukörper

Das viergeschossige Gebäude ist in einer kombinierten Stahl-/Holzbauweise errichtet, die von einer umschließenden Glashaut, der Sekundärfassade, vor unmittelbaren Witterungseinflüssen geschützt wird.

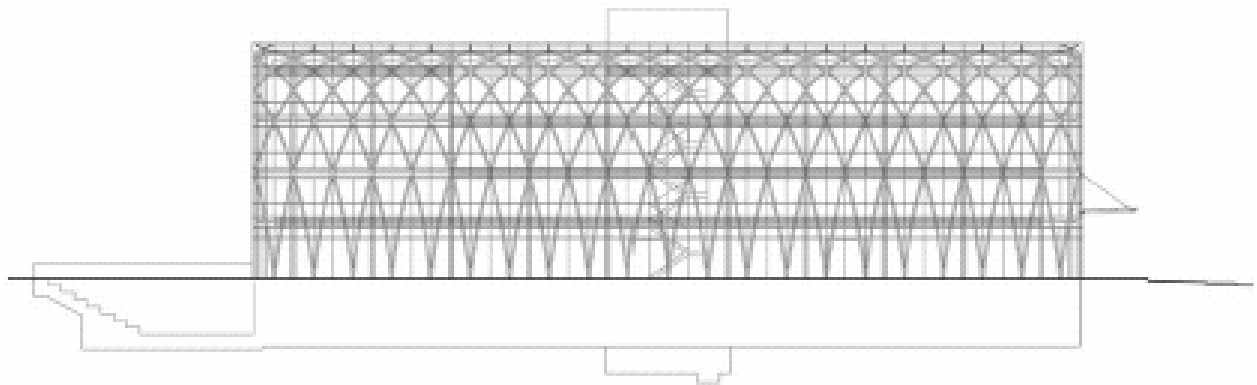


Abbildung 7: Außenansicht der Landesvertretung (Quelle: Petzinka Pink Architekten)

An den nach Osten und Westen orientierten Stirnseiten des Gebäudes entstehen zwischen der eigentlichen Gebäudefassade und der Glashaut Wintergärten. An der Nord- und Südseite entsteht durch den geringen Abstand von 1,35 m zwischen der Primär- und der Sekundärfassade eine Doppelfassade. In dem Zwischenraum befindet sich eine Holz-Parabelkonstruktion als Flächentragwerk zur Aufnahme der Windkräfte (Horizontalkräfte), der Fassadenlasten und zur Aussteifung des Gebäudes. Die Treppenhäuserkerne aus Stahlbeton sind konstruktiv (statisch) für das durch das beschriebene Flächentragwerk erreichte Leichtbau-Konzept nicht relevant. Die Treppenhäuser wurden in Stahlbeton ausgeführt, da sie als Leichtbau-Konstruktion aufgrund des geforderten Brandschutzes nur mit extrem hohem Montageaufwand (hohe Kosten) hätten realisiert werden können.

Das Gebäude besteht aus einem Untergeschoss, einem Erdgeschoss und drei Obergeschossen. Den unteren Abschluss des Gebäudes bildet eine massive Stahlbetonsohle. Die Bodenplatte musste den Grundwasserverhältnissen (extrem hoher Grundwasserspiegel in Berlin) entsprechend dimensioniert werden. Im Untergeschoss grenzen Wandflächen beheizter Räume teilweise an Erdreich, an die Tiefgarage bzw. an nicht beheizte Räume. Die an das Erdreich grenzenden Außenwände beheizter Räume sind als 30 cm Stahlbetonwand mit einer 10 cm starken Perimeterdämmung ausgeführt, die an die Tiefgarage grenzenden Wände als 25 cm Stahlbeton mit 10 cm Mineralfaserplatte und die an nicht beheizte Räume grenzenden Außenwände als Stahlbetonwand mit 6 cm Mineralfaserdämmung oder als 25 cm starkes Gasbetonmauerwerk.

Die Geschossdecken sind als durchlaufende Holz-Hohlkörperdecken ausgeführt. Der Deckenquerschnitt ist unter Berücksichtigung der Schallschutzanforderungen konstruiert worden, dabei ist der Gesamtaufbau der Holzdecke schallschutztechnisch relevant. Der Deckenaufbau besteht aus abgehängten Metall- oder Gips-Karton-Decken (je nach Anforderung), der Bodenaufbau setzt sich aus Trockenestrich, Hohlraumboden und Teppichbelag mit trittschallverbessernden Eigenschaften zusammen.



Abbildung 8: Innen-Atrium der Landesvertretung (Foto: Thomas Riehle)

Den oberen Abschluss des Gebäudes bildet ein extensiv begrüntes Flachdach mit einer 12 cm Polystyrol-Hartschaumplatte als Dämmung. Das Atrium wird durch ein Glasdach aus einer Stahl-Alu-Konstruktion mit Sonnenschutz-Isolierverglasung überspannt. Die Wintergärten sind mit einer ähnlichen Glasdachkonstruktion versehen, hier wird allerdings lediglich Einfachverglasung eingesetzt.



Abbildung 9: Die Straßenansicht der Landesvertretung mit dem Wintergarten Ost (Foto: Taufik Kenan)

Primärfassade

Die Doppelfassade besteht aus der Primärfassade als verglaste Holzkonstruktion und der Sekundärfassade als Metall-Glasfassade. Die Primärfassade (Innenfassade) besteht aus einer Holzrahmenkonstruktion (ausgefacht mit 8 cm Mineralfaserdämmung) mit Wärmeschutzverglasung. Fenster-Türelemente und Festverglasung sind in der Regel achsweise im Wechsel angeordnet.

Die einzelnen Bauteile der Primärfassaden bilden raumhohe Holzfensterelemente aus hochwertigen Schichtholzkanteln (baskische Kiefer). Die einzelnen Fensterelemente weisen ein Fassadenraster von 1350 mm auf und sind in der Regel achsweise im Wechsel als Dreh-/Kippelement und als Festverglasung ausgeführt.

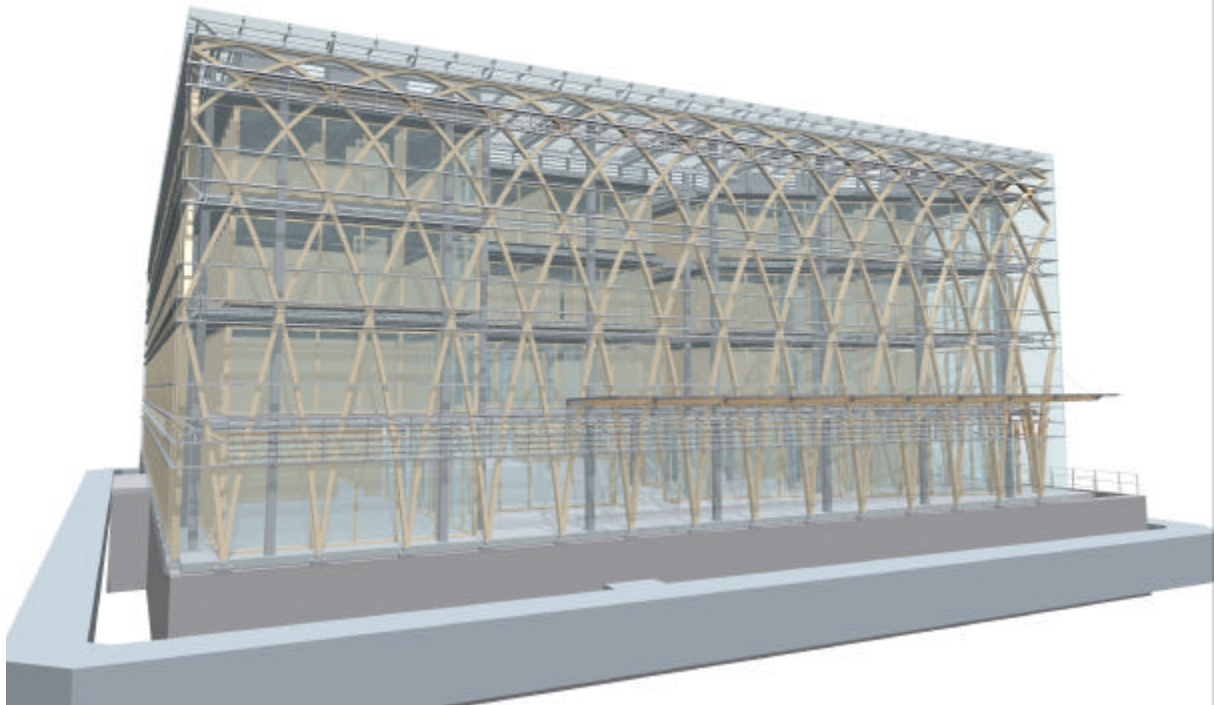


Abbildung 10: 3D-Simulation der Landesvertretung (Quelle: Petzinka Pink Architekten)

Die Verbindungen der Fensterelemente ermöglichen den Anschluss der Trennwände, sie berücksichtigen neben einer einwandfreien Abdichtung auch den Schallschutz (Schall-Flankenübertragung). Die Abdichtung der Primärfassade an den Rohbau erfolgt über eine vollsatt verklebte Folie, die eine durchgehend dichte Verbindung der übereinander angeordneten Fassadenelemente unter Einbeziehung der Decke garantiert. Bei der Folienerlegung müssen alle Anbindungen an die Stahlstützen und andere Durchdringungen luft- und dampfdicht ausgeführt werden. Tauwasserfreiheit und Wärmeschutz wird durch eine umlaufend angeordnete Wärmedämmung gewährleistet. Ein wasserdichter Anschluss der Primärfassade zur Sekundärfassade wird durch eine Abdeckung der oberen Wärmedämmung im Fassadenzwischenraum hergestellt.

Sekundärfassade

Die Sekundärfassade ist vor der gebäudeumlaufenden Holzparabel mit einem Abstand von 1,35 m zur Primärfassade angeordnet, an den Stellen, wo die Primärfassade weiter zurückspringt, ergeben sich die Wintergärten. Die Sekundärfassade ist eine Stahlkonstruktion mit Einfachverglasung, die ständig hinterlüftet – also nicht verschließbar ist (Lüftungskonzept siehe Kapitel 4.3).

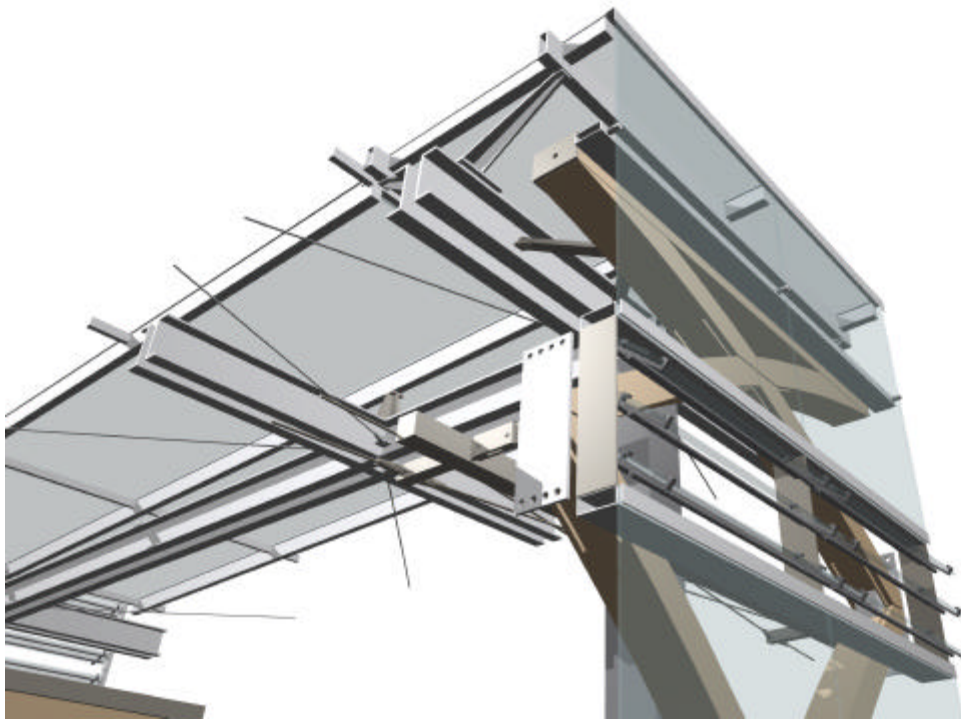


Abbildung 10: Die Sekundärfassade im Bereich der Wintergärten (Quelle: Petzinka Pink Architekten)

Die Sekundärfassade ist mit integrierten Zu- und Abluftöffnungen zur natürlichen Be- und Entlüftung der Räume sowie zur Abführung der solaren Wärme aus dem Zwischenraum versehen. Im Bereich der Doppelfassade sind die Zu- und Abluftöffnungen permanent offen, im Bereich der Wintergärten sind sie elektromagnetisch gesteuert.

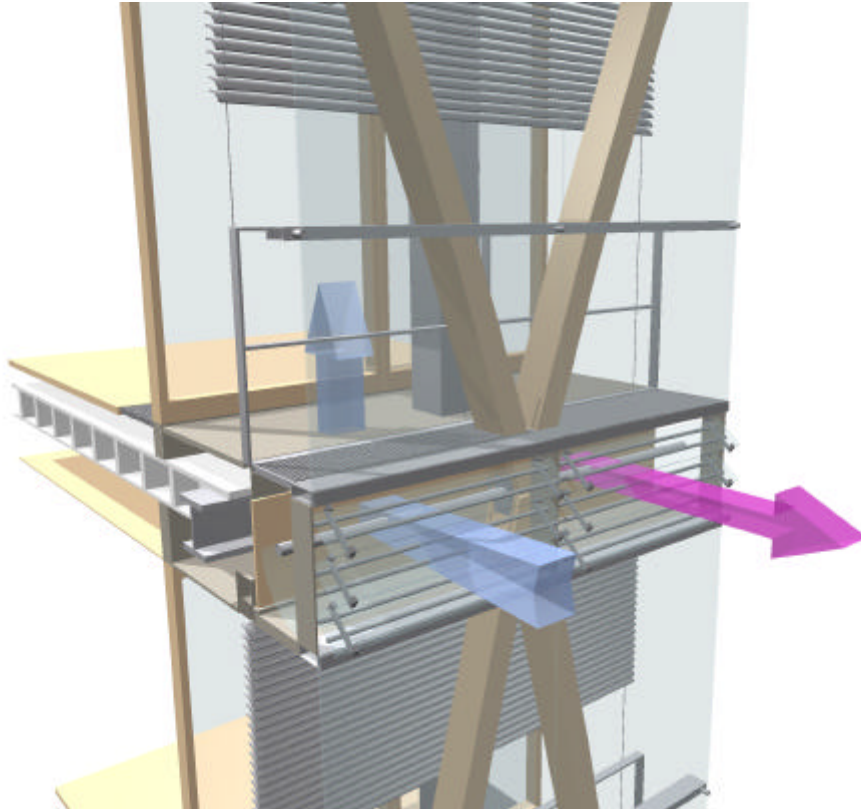


Abbildung 10: Die Zu- und Abluftöffnungen in der Sekundärfassade im Bereich der Doppelfassade (Quelle: Petzinka Pink Architekten)

In dem Zwischenraum von Primär- zu Sekundärfassade sind die Stahltragkonstruktion des Gebäudes sowie die Holzparabelkonstruktion zur Aufnahme der Sekundär- und Wintergartenfassade angeordnet. Die Sekundärfassade wird an den bauseitigen Stahlbefestigungspunkten der Holzparabeln verankert. Eine Unterkonstruktion ist so ausgebildet, dass thermische Bewegung, Momente aus Lasteinwirkungen, etc. zwängungsfrei übernommen werden. Die nach außen sichtbare Aluminiumprofilierung ummantelt die Stahlkonstruktion und trägt über die mittige Befestigung zur Kompensation der Parabelverformung bei. Der Handlauf einschließlich der punktförmigen Scheibenbefestigungen ist grundsätzlich an den ebenfalls in der Holzparabel eingelegten Verankerungsteilen befestigt. Eine optimale Durchlüftung der Fassadenzwischenräume wird durch insgesamt drei horizontal liegende, feststehende Glaslamellen im Bereich der Geschossdecken gewährleistet.

Die Sekundärfassade ist mit einer horizontal linienförmig gehaltenen Einfachverglasung aus ESG versehen. Das Ausbauraster beträgt 1350 mm mal Geschosshöhe – allerdings ohne Deckenköpfe. Um die Durchbiegung der Scheiben zu reduzieren und wirtschaftliche Glasdicken zu erzielen, wird im Bereich des Handlaufs eine Punkthalterung ergänzt. Die Anker zur Verbindung der Aluminium-Riegel sind an in der Parabel eingelassenen Stahlelementen befestigt.

An allen Gebäudeecken sowie in den Übergängen zu den Wintergärten sind vertikale Glasschotten zwischen den beiden Fassaden eingesetzt, um den Luftaustausch zwischen Wintergärten und Doppelfassade zu unterbinden. Alle Übergänge zu den angrenzenden

Bauteilen sind mit Dichtungsprofilen ausgeführt, um die Luftdichtigkeit der wärmeumfassenden Gebäudehülle zu gewährleisten.

Beiderseits der Treppenhausfassade ist zwischen der Betonkonstruktion der Treppenhauskerne und der Sekundärfassade eine transparente Trennwandschotte (F30) eingesetzt. Der Zwischenraum zwischen den Aluminiumblechen und der Parabel ist durch Dichtungsprofile geschlossen, die so ausgelegt sind, dass sie die zu erwartenden Bewegungen der Parabel aufnehmen können ohne die Dichtigkeit zu gefährden. Im unteren und oberen Bereich des Deckenkopfes sind Zu- bzw. Abluftgitter aus Aluminium mit eloxierter Oberfläche eingesetzt.

Um das gesamte Gebäude herum sind im Außenbereich fassadenbündig Zuluftgitter im Achsmaß von 1350 mm an Schwertern befestigt, die wiederum an den bauseits vorhandenen Stahlkonstruktionen befestigt sind. Alle hier ausgeführten Stahlteile und außen liegenden Gitterroste sind stückverzinkt und im Duplexverfahren beschichtet.

Die Stahlunterkonstruktion zur Aufnahme der Parabeln und die dazwischen liegenden Stahlteile sind mit einer Aluminiumverkleidung wasserdicht abgedeckt. Außerdem führt eine Aluminiumblechabdeckung zwischen Natursteinboden und Drainage um das gesamte Gebäude.

Zur Aufnahme der Überkopfverglasung über der Doppelfassade ist auf die Primär-Stahlkonstruktion im Achsmaß von 1350 mm eine V-förmige Stahlkonsole aufgesetzt, die wiederum die in Fassadenrichtung laufenden Stahlprofile aufnimmt. Die Oberfläche ist mit einem witterungsbeständigen Anstrich versehen. Auf die Stahlprofile ist die VSG (Verbundsicherheitsglas)-Dachverglasung mit Gefälle zum Gebäude hin aufgesetzt und gegen Abheben mit punktuellen runden Tellern gesichert. Die Stoßbereiche der einzelnen Scheiben untereinander sind mit Silikonprofilen, die eine Drainage übernehmen, abgedichtet.

Auf der Rückseite der Fassade befindet sich im Attikabereich eine Fest-/Losflanschkonstruktion entsprechend der Dachdeckerrichtlinien und der DIN 18195. Die Primärstahlkonstruktion wird im äußeren Bereich mit einer Perimeterdämmung bis zur Dachbahn geführt und im inneren Bereich bis zur Unterkante Attika mit Dämmung ausgestopft. Die gesamte Konstruktion ist durch eine Aluminium-Attika dekorativ abgedeckt. Die Lüftungslamellen sind an stückverzinkten T-Stahlprofilen befestigt.

Im Bereich der Lichtschächte sind natureloxierte Aluminium-Lochfenster eingesetzt.

Fassadenkonstruktion im Treppenhausbereich

Diese Fassadenkonstruktion ist ebenfalls wie die Hauptfassade als Elementkonstruktion ausgeführt. Da hier keine Deckenkonstruktion vorhanden ist, sind im Deckenbereich zusätzliche Festverglasungen notwendig. Alle Stahlverbindungselemente sind stückverzinkt und im Duplexverfahren beschichtet. In jedem Geschoss sind Gitterroste bis zur Außenkante der Stahlrandträger verlegt, um die Reinigung der Treppenhausfassade zu ermöglichen. Die angrenzenden Bereiche zu den Betonkernen sind ebenfalls mit Fassadenelementen bekleidet, die als hinterlüftete ESG (Einscheibensicherheitsglas)-Brüstungsscheibe mit rückseitiger, farblich an die übrige Wärmeschutzverglasung angepasster Beschichtung ausgeführt ist. Auf die Betonfläche der Treppenhauskerne ist eine 120 mm starke Mineralfaserdämmung aufgebracht. Die innere Dampfdichtigkeit der Anschlüsse an die Betonkonstruktion wird über

Aluminiumbleche und eine entsprechende Versiegelung sichergestellt; die äußere Dampfdichtigkeit der angrenzenden Wärmedämmung an die Holzkonstruktion wird durch auf dem Beton verklebte und verflanschte Folien gewährleistet. Die hier eingesetzte Wärmedämmung entspricht in ihrer Dicke der angrenzenden Dämmebene.

Pfosten-/Riegelfassade

Im 1. Untergeschoss ist ein Teil der Stahl-Glaskonstruktion als Pfosten-/Riegelfassade ausgeführt, die im Betonboden verankert und im Erdgeschoss an dem Betonbalken befestigt ist. Dieser Teil der Sekundärfassade hat einen größeren Profilanteil und besteht fast ausschließlich aus Türelementen. Die Aufständigung der Konstruktion im Erdgeschoss ist über die gesamte äußere Anbindung wasserdicht ausgeführt. Im Innenbereich kommt eine luft- und wasserdichte Konstruktion mit Aluminiumblechprofilen einschließlich Versiegelung zum Einsatz. Die vertikale Anbindung zu den angrenzenden Betonwänden ist luft-, dampf- und wasserdicht ausgeführt. Im äußeren Bereich ist eine Folie in die Pfosten-/Riegelfassade eingespannt und bis zum Beton verlegt und verklebt. Alle Hohlräume im unteren Anbindungspunkt sowie in den seitlichen, vertikalen Bereichen sind satt mit Wärmedämmung ausgestopft.

Wintergartenfassade

Im Bereich der Wintergärten existieren mehr fest verglaste Elemente im Deckenkopfbereich. Die elektrisch betriebenen Lüftungslamellen für den Rauch- und Wärmeabzug sind im Unterschied zu den Doppelfassadenbereichen in einer Doppelreihe übereinander angeordnet. Die Steuerung dieser Lamellen erfolgt über die Gebäudetechnik und ist über die Notstromversorgung abgesichert. An der Wintergartenfassade ist über dem Haupteingang ein Vordach befestigt.

Dächer

Die Wintergardendächer sind mit VSG – jedoch nicht als Isolierglas – ausgeführt; das Dach des Atriums hingegen ist mit einer Sonnenschutz-Isolierverglasung ausgestattet. Die Verglasung der Wintergärten ist als stufenartige Verglasung mit gegenseitiger Überlappung der Einzelgläser ausgebildet und hat ein leichtes Gefälle. Die Gläser werden über Aluminiumprofile aufgenommen.

Der restliche Teil des Daches (ca. 1.145 m²) ist als Gründach ausgeführt. Es handelt sich um den klassischen Aufbau eines extensiv begrünten Daches mit unterschiedlichen Dämmschichten, einer Dampfsperre, einer Wurzelschutzbahn, Trenn- und Speicherschichten, der Substratschicht und letztlich der extensiven Begrünung. Genaue Angaben über den Aufbau des Gründaches und die angenommenen Materialien finden sich im Anhang in der Materialliste (Anhang, S. 83 ff.).

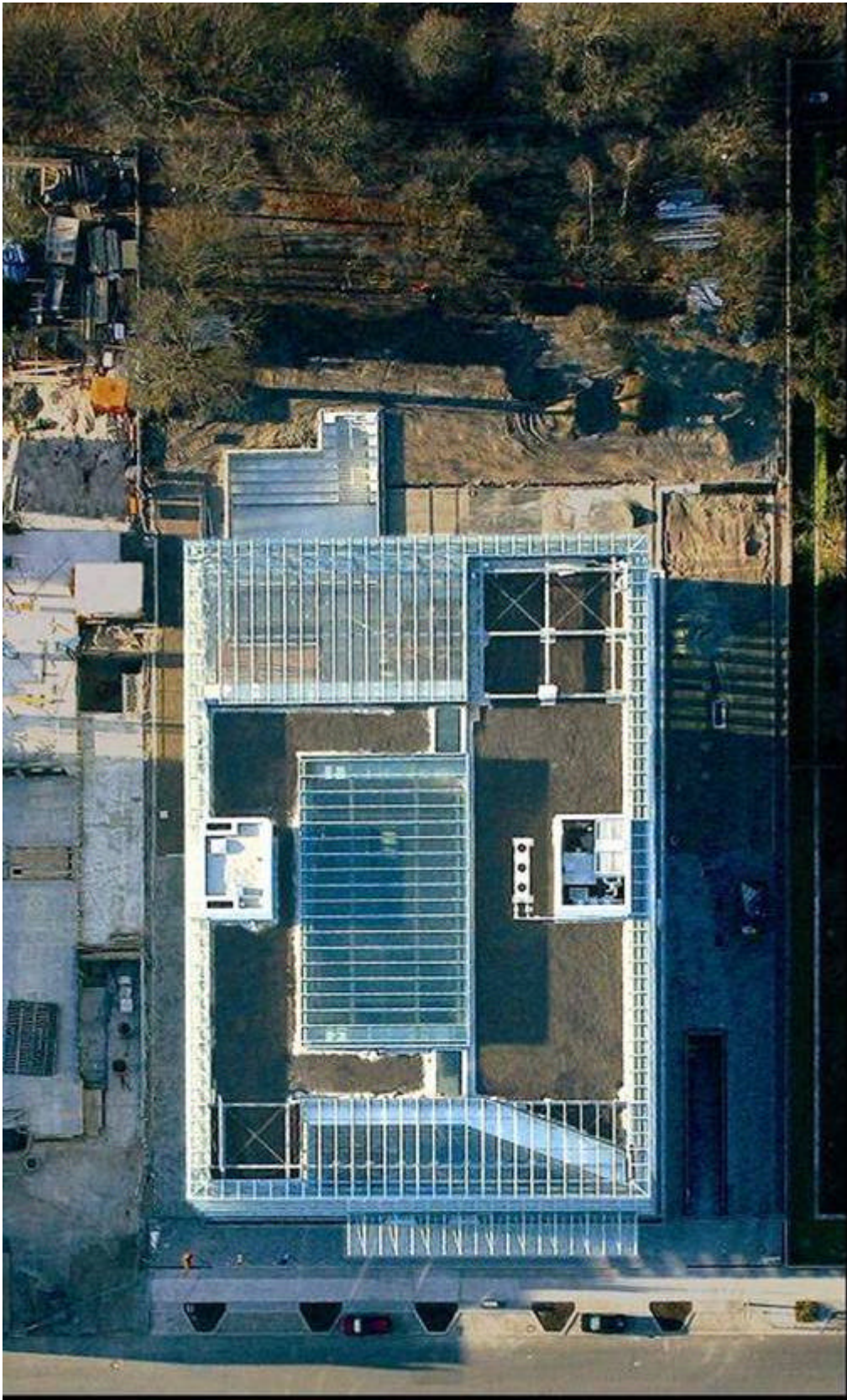


Abbildung 11: Dachaufsicht der Landesvertretung NRW (Foto: Stefan Kuvén, Berlin)

4.3 Haustechnik

In den letzten Jahren ist gerade der Haustechnik und damit übergreifenden Disziplinen - wie dem Facility Management - eine bedeutende Rolle in den Belangen des nachhaltigen Bauens zugefallen. Die Haustechnik wird nicht mehr als separierte Einheit sondern als Teil des Gebäudes gesehen. Durch Planung, Steuerung und Betreuung eines Bauwerkes über den gesamten Lebenszyklus können ökologische und ökonomische Potenziale zum Wohle der Bauausführenden, seiner Nutzer und der Umwelt erschlossen werden. In diesem Sinne müssen u.a. folgende Ziele verfolgt werden: Minderung der CO₂-Freisetzung durch das Gebäude bzw. die Baustoffe, Wahl des geeigneten Energieträgers für die Wärme- und Energieversorgung, Einbau eines auf die Baukonstruktion abgestimmten Be- und Entlüftungssystems.

Die technische Gebäudeausrüstung der Landesvertretung NRW basiert auf einem modular ausbaufähigen Konzept zur Anpassung der Haustechnik. Sie ermöglicht eine große Flexibilität und Eingriffsmöglichkeiten zur Anpassung unterschiedlicher Nutzungsanforderungen im Rahmen der Mehrfachnutzung. Durch passende Zuordnung der technischen Anlagen bestimmter Bereiche wird eine unabhängige Betriebsweise und dadurch eine Vermeidung unnötiger Laufzeiten ermöglicht. Durch die bereits beschriebenen passiven Maßnahmen am Baukörper (Dämmung, ausreichende natürliche Belichtung etc.) ist es möglich, einen geringeren Wärme-/Kälteenergiebedarf und einen geringeren Bedarf an elektrischer Energie zu erzielen. Die betriebstechnischen Zentralen aller Gebäudeteile befinden sich im ersten Untergeschoß, was zum Beispiel ein schnelles Reagieren im Störungsfalle garantiert. Ziel des Bauherrn war es, ein Gebäudekonzept zu entwickeln, das innovative und alternative Möglichkeiten aufweist, um den Einsatz an haustechnischen Anlagen zu reduzieren.

Ausdruck findet diese Art des Bauens im Fassadenkonzept. Das Fassadenkonzept soll bei hoher Energieeffizienz die Qualität der natürlichen Be- und Entlüftung sicherstellen und darüber hinaus einen optimierten sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz bieten. Durch den mehrschichtigen Aufbau der Fassade wird eine Gebäudehülle geschaffen, die auf äußere Einflüsse sensibel reagiert und sich tages- und jahreszeitenabhängig der Witterung anpasst. Insbesondere kann der vorkonditionierten Luft durch den Erdkanal in das Atrium eine Reduzierung des Heiz- und Kälteenergiebedarfs zugeschrieben werden. Durch die Selbstanpassungsfähigkeit der äußeren Gebäudehülle gekoppelt mit den Wintergärten auf der Ost- und Westseite des Gebäudes, inklusive dem Atrium, soll ein ökologisch-ökonomisch optimiertes System geschaffen werden. Bedarfsvermeidung, intelligente Energieerzeugung und eine gezielte Verteilung sollen außerdem zu einer höheren Behaglichkeit beitragen.

Die Energie- und Wärmeversorgung der Landesvertretung NRW wird grundsätzlich über das Energieversorgungsunternehmen BEWAG (Berliner Kraft- und Licht AG) sichergestellt. Ab Eröffnung der Landesvertretung wird der Hauptbedarf an Strom und Wärme über das öffentliche Stromnetz und das Fernwärmenetz der BEWAG abgedeckt werden. Zusätzlich werden eine Mikrogasturbine (mit einer Generatorklemmleistung von 30 kW) und eine Fotovoltaikanlage (mit einer Leistung von bis zu 10 – 12 kWp (Kilowattpeak)) eingesetzt. Ende 2003 wird als weitere innovative Energieversorgung eine mit Erdgas betriebene Brennstoffzelle folgen. Ab diesem Zeitpunkt soll ein großer Teil des Gebäudebedarfs für

Strom, Heizung, Kälte und Warmwasserbereitung durch die eigene Versorgungstechnik abgedeckt werden.

Für eine genauere Analyse des Haustechnik-Konzeptes ist es erforderlich, die einzelnen Bausteine der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) einer differenzierten Betrachtung zu unterziehen.

Abwasseranlagen

Die Entwässerung im Gebäude erfolgt im Trennsystem, das heißt von Anfang an ist eine Trennung von Schmutzwasser und Regenwasser vorhanden. Wobei das Schmutzwasser Grau-, Gelb- und Schwarzwasser umfasst und über zwei Schmutzwasser-Hausanschlüsse in senkrechte Entwässerungsleitungen (Fallleitungen) abgeführt und über das Dach be- und entlüftet wird. Unterhalb der Kellerdecke werden die Leitungen gesammelt und weitergeführt. Abwasser unterhalb der Rückstauenebene wird über Hebeanlagen bzw. Tauchpumpen dem Abwassernetz zugeführt, da z.B. bei großen Regenfällen mit Rückstau aus der Kanalisation gerechnet werden muss.

Für das Regenwasser sind analog zum Schmutzwasser zwei Niederschlagswasser-Hausanschlüsse vorhanden. Regenwasser von den Außenanlagen wird versickert. Durch Einteilung der Dachflächen in extensiv begrünte und Glasdachflächen kann ein Teil des Niederschlags in den Gründachbereichen versickern, der Rest wird abgeleitet über Flachdachabläufe, die in den extensiven Gründachbereichen zusätzliche Kontrollschächte mit Kieseinbettung erhalten. Die Kontrollschächte erfüllen bei der Entwässerung von Gründächern wichtige Funktionen: Schutz vor Verunreinigung und einwachsenden Pflanzen (Schächte werden von Rollkies umgeben, um Vegetationsflächen vom Ablauf fernzuhalten) sowie Kontrollmöglichkeiten für Inspektion und Wartung der Kanalrohre. Innenliegende Fallrohre, die in Installationsschächten untergebracht sind, leiten das Regenwasser bis zum Kellergeschoß. Dort werden die Regenwasserrohrleitungen unterhalb der Kellerdecke nördlich und südlich aus dem Gebäude geführt. Anfallendes Niederschlagswasser der tief liegenden Regenabläufe vor dem Landeskeller wird über eine Pumpanlage auf das Niveau der frei abfließenden Regenwasserleitungen gepumpt.

Das statistisch errechnete Regenwasservolumen beträgt ca. 70 l/s, davon versickern in den Außenflächen des Erdgeschosses ca. 22 l/s. Eine von den Berliner Wasserbetrieben genehmigte abzuleitende Regenwassermenge beträgt ca. 23 l/s, daraus folgt die Notwendigkeit einer Zisterne (Füllung bei starkem Regen innerhalb von 20 min.). Zusätzlich befindet sich auf der südlichen Gebäudeseite ein Staurohr mit einem Fassungsvermögen von 8,76 m³ (Füllung bei starkem Regen innerhalb von 6 min). Durch Überwachung der Zisterne und des Staurohrs wird sichergestellt, dass bei starken Regenfällen die Drosselvorrichtungen zur freien Ableitung des Niederschlagswassers geöffnet sind. Die Regenwasserleitungen sind gegen Schwitzwasser und Körperschallübertragungen diffusionsdicht mit Steinwollematten oder -schalen bis zum Hausaustritt gedämmt.

Wassieranlagen

Die Trinkwasserversorgung der Landesvertretung NRW muss für vielerlei Zwecke gewährleistet sein. Sie richtet sich nach dem Bedarf der einzelnen technischen Anlagen, wie z.B. der Heizungs-, Warmwasser-, Sprinkler-, und der küchentechnischen Anlagen sowie nach dem Bedarf für die Gartenbewässerung. Die Befüllung und Nachspeisung der erforderlichen Wassermenge der Heizungsanlage erfolgt über eine Wasseraufbereitungsanlage.

Es ist eine zentrale Trinkwassererwärmung vorgesehen, die über zwei Warmwasserspeicher mit einem Inhalt von je 750 Litern erfolgt und durch eine Fernwärme-Kompakt-Hausstation mit Heizwasser versorgt wird. Zum Schutz der Leitungen und Armaturen vor Verunreinigungen wird nach dem Wassermesser und der Abzweigung zur Sprinkleranlage eine parallel geschaltete, automatisch rückspülbare Filteranlage installiert. Die einzelnen Einrichtungsgegenstände (z.B. Toilette, Armaturen) werden über Steigleitungen in den zugeordneten Schächten erschlossen.

Der Anschluss der Gartensprenganlage erfolgt über einen Rohrtrenner direkt hinter der Wasserzählanlage. Der Verbrauch wird über einen separaten Wasserzähler gemessen, damit hierfür keine Entwässerungsgebühren anfallen.

Für den Küchenbereich und für den Kühlturm ist jeweils eine Wasseraufbereitungsanlage vorgesehen. Nicht sichtbare Versorgungsleitungen erhalten diffusionsdichte Mineralfaserdämmungen aus Matten oder Schalen, sichtbare Leitungen im Kellergeschoß erhalten Aluminiumkaschierungen, Leitungen in Zentralen eine Blechummantelung. Alle Einbauteile und Rohrleitungen werden vom Baukörper schalltechnisch entkoppelt.

Feuerlöschanlagen

Die Wasserversorgung der Feuerlöschanlagen wird durch eine Pumpenanlage, einen Zwischenbehälter und Nachspeisung aus dem öffentlichen Trinkwassernetz gesichert. Die Feuerlöschanlage wurde in zwei Gruppen eingeteilt: eine Trockenalarmstation für die Tiefgarage und Nassalarmstationen für das übrige Gebäude.

Jede Untergruppe ist vom Treppenraum aus separat absperrbar. Generell werden Normalsprinkler eingesetzt, Besonderheiten für die Sprinkleranordnung ergeben sich für die Foyer-Bereichen und Verkehrsflächen (Randsprinklerung von Deckenöffnungen und Brücken) und im Erdgeschoss-Bereich des Atriums (Weitwurfsprinklern). Die Alarmmeldungen erfolgen auf die Überwachungszentrale der Sprinkleranlage und werden dann auf die Brandmeldezentrale weitergeleitet. Für die Küchenräume ist eine Feuerlöschanlage als autarkes System über den fetthaltigen Küchengeräten ausgeführt worden.

Wärmeversorgungsanlagen

Wie bereits erwähnt, erfolgt die Wärmeversorgung hauptsächlich durch das Energieversorgungsunternehmen BEWAG. Ergänzend wird eine hauseigene Mikrogasturbine eingesetzt. Ab Ende 2003 wird eine mit Erdgas betriebene Brennstoffzelle folgen.

Für die Brauchwasseraufbereitung sind zwei Warmwasserspeicher mit einem Inhalt von je 750 Litern vorhanden. Die Fernwärme wird über einen Wärmetauscher zur Wassererwärmung verwendet. Die Fernwärme-Kompakt-Hausstation (Wärmeübergabestation) dient als direkte Übergabestation für Heizwasser.

Gebäudebereiche	Heizgruppen
Statische Heizung UG/OG	örtlichen Heizflächen des Gebäudes
Empfangshalle-Foyer, Mehrzwecksaal, Besprechungsraum, Speisesaal	Fußbodenheizung des Erdgeschosses
Mehrzwecksaal, Küche/Spülmaschine, Nebenräume/Lager im Untergeschoß	Lufterhitzer der Raumluftechnik (RLT)-Anlagen
Büroräume im 1. OG und 2. OG	Strahlungsheizung
Sprinklertank	Frostschutzheizung

Tabelle 4: Wärmeversorgung der unterschiedlichen Gebäudebereiche

Heizgruppen	Wärmebedarf in kW
Statische Heizung UG	27
Statische Heizung OG	159
Fußbodenheizung EG	99
RLT-Anlage Mehrzwecksaal	145
RLT-Anlage Küche/Spülmaschine	127
RLT-Anlage Nebenräume/Lager im Untergeschoß	78
Anschluß Strahlungsheizung	46
Frostschutzheizung Sprinklertank	10
Zentrale Warmwasserbereitung	60
Gesamtenergiebedarf	751

Tabelle 5: Wärmebedarf der unterschiedlichen Heizgruppen in kW

Die Wärmeverteilnetze sind folgendermaßen aufgebaut: Jede Regelgruppe hat Absperr-, Regel-, Mess-, Entleerungs- und Füllrichtungen sowie Sekundärpumpen. Die Heizkreise der Fußbodenheizung, die statische Heizung des Untergeschosses und der Heizkreis für die Obergeschosse haben Zwillingspumpen. Alle anderen sekundär Heizkreise sind mit Einzelpumpen ausgestattet. Vor jedem Regelorgan sitzt ein Schmutzfänger. Die Erschließung der einzelnen Etagen erfolgt über gemeinsame Verteilleitungen im Untergeschoß. Von dort werden die Steigestränge eingespeist, von denen in jeder Etage die unterschiedlichen Bereiche über horizontale Anschlussleitungen im Fußbodenaufbau bzw. Hohlraumboden des jeweiligen Geschosses versorgt werden. Die Entlüftung des Rohrnetzes erfolgt über die Heizflächen sowie zentral an den Hochpunkten der Anlage. Je nach Lage und Zugänglichkeit der Hochpunkte der Steiger kommen Selbstlüfter oder Entlüftungstöpfe zum Einsatz. Alle Heizungsleitungen, Verteiler, Pumpen und zugehörige Armaturen sind gedämmt. Heizungsleitungen im Kellergeschoß, in Zentralen und in Installationsschächten haben eine Dämmung aus Steinwollschalen und -matten. Heizungsleitungen in Zwischenböden sind mit einer flexiblen Runddämmung aus geschlossenzelligen Schläuchen ummantelt. Die Wärmedämmungen aus Steinwolle haben entsprechend dem Einbauort folgende Oberflächenqualität erhalten:

- Blechmantel (Dämmung von Rohrleitungen in den Zentralen und in der Tiefgarage)
- Aluminium-Grobkornfolie (Dämmung von sichtbar freiliegenden Rohrleitungen im Kellergeschoß außerhalb von Zentralen)
- Aluminium-Folien-Kaschierung (Dämmung von Rohrleitungen im Bereich von Schächten, abgehängten Decken und anderen geschlossenen und trockenen Installationsbereichen)
- FCKW-freie Polyurethan-Halbschalen mit einer Polystyrol-Ummantelung (Dämmung von Armaturen).

Es werden hauptsächlich nicht brennbare, in Ausnahmen schwer bzw. normal entflammbare Materialien verwendet.

Der Bürobereich hat ein Rasterachismaß von 1,35 m. In jeder Achse wurde eine Bodenkanalheizung installiert. Sämtliche Plattenheizkörper sowie die Handtuchtrockner erhielten Thermostatventile, absperr-, einstell- und entleerbare Rücklaufverschraubungen sowie Entlüftungen.

Lufttechnische Anlagen

Das Lüftungskonzept der Landesvertretung NRW basiert auf der natürlichen Belüftung des Atriums und der Wintergärten durch das Fassadensystem und auf dem Einsatz eines Erdwärmeüberträgers (Erdkanal). Das Gebäude hat im Bereich der West- und Ost-Wintergärten einen einschaligen hinterspannten Fassadenaufbau, auf der Nord- und Südseite des Gebäudes wurde eine doppelschalige Fassade konzipiert. Sämtliche innen liegenden Räume = 10 m², die nicht natürlich entraucht werden können und nicht frei von Brandlasten sind, werden maschinell entraucht. Die natürliche Entrauchtung erfolgt durch Abluftöffnungen der inneren Schale der Doppelfassade. Die Zu- und Abluftöffnungen (Lamellenklappen) in der äußeren Schale sind im Bereich der Doppelfassade permanent geöffnet, im Bereich der

Wintergärten und des Foyers als steuerbare Zu- bzw. Abluftöffnungen Bestandteil des Fassadenkonzeptes. Die Temperatur der durch die Lamellenklappen einströmenden Luft wird über montierte Raumfühler erfasst und über eine Mittelwertbildung in der Automationsstation mit dem eingestellten Regelsollwert verglichen. Über den Temperaturvergleich der Außen- zur Raumtemperatur werden die Lamellenklappen unter Berücksichtigung der Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Differenzdruck und Regenmeldung aktiviert. Bei Überschreiten der eingestellten Grenzwerte bzw. bei Regen und Taupunktunterschreitung werden die Klappen geschlossen. Sie dienen auch zur Entrauchung bzw. Nachströmung, wobei im Entrauchungsfall die Automatikfunktion überbrückt wird. Die Doppelfassade ist teilweise horizontal, geschossweise abgeschottet; sie besitzt zusätzlich vertikale Schottungen. Alle Schottungen sind rauchdicht ausgeführt. Im Sommer soll die doppelschalige Glasfassade durch ihren permanenten Luftvolumenstrom und durch die so genannte „Sommernachtlüftung“ - nachts wird das gesamte Gebäude durch einen erhöhten Luftstrom „durchspült“ - das Gebäude bei der Kühlung unterstützen. Im Winter dient das Luft-/Wärmepolster zwischen den zwei Schalen in der Doppelfassade als natürliche Wärmedämmung. Dieses Luftpolster lässt sich durch die Thermik, genauer gesagt durch eine Solar-Kaminwirkung erklären: Die durch Sonneneinstrahlung erwärmte Luft wird über „Solarkamine“ in die Bürogoschosse verteilt. Das heißt, einströmende kalte Luft trifft auf sonnenerwärmte Luft, es entsteht ein Unterdruck. Dieser wird ausgeglichen, indem die warme Luft nach oben steigt, es entsteht ein „Kamineffekt“.

Zur zusätzlichen Reduzierung der Wärme-/Kühl- und Lüftungsenergie wurde ein zweiröhriger Erdkanal (120 m) als Zuluftkanal installiert. Die Betonröhren haben einen Durchmesser von 1 m und liegen 6 m tief im Erdreich. Der Kanal verläuft um das gesamte Gebäude und tritt im Norden in das Gebäude ein. Der Erdkanal erzielt bei einem Volumenstrom von rund 31.300 m³/h eine maximale Temperaturabsenkung von 5 °C. Der jährliche Kälteenergiebedarf soll damit um etwa 30%, der Wärmeenergiebedarf um etwa 10% gesenkt werden¹⁰. Der Erdkanal versorgt u.a. die RLT-Geräte des Mehrzwecksaals, der Besprechungsräume im Erdgeschoss, der Besprechungsräume im 2. und 3. Obergeschoss-Nord, der Nebenräume/WC im Untergeschoss und der Zusatzlüftung des Foyers bei Großveranstaltungen. Über regelbare Jalousieklappen wird die Luftmenge zu dem jeweiligen RLT-Gerät geleitet. Die Außenluftmenge wird dabei zunächst über den Unterschied der Außen- zur Raumtemperatur energetisch optimal reguliert. Sollte aufgrund einer Großveranstaltung der Außenluftbedarf über die normale Nutzung hinaus ansteigen, wird über die Regelungstechnik die Umluftrate der einzelnen Lüftungsanlagen erhöht. Im Erdkanal werden Luftgeschwindigkeiten von 1 bis 2 m/s auftreten. Nur bei Großveranstaltungen an Tagen mit extremen Außentemperaturen wird die Luftgeschwindigkeit auf bis zu max. 5 m/s erhöht. Das kombinierte Zu- und Abluftgerät befindet sich in einer Technikzentrale im UG. Im Zuluftteil wird die durch den Erdkanal vorgewärmte bzw. vorgekühlte Außenluft gefiltert, im Sommer gekühlt und entfeuchtet und im Winter geheizt. Die Temperatur der den Erdkanal durchströmenden Luft wird durch die konstante Temperatur des die Betonröhren umgebenden Erdreiches langsam ausgeglichen. Ein Wärmerückgewinnungssystem sowie eine Mischkammer sind ebenfalls Bestandteil des RLT-Gerätes. Im Abluftteil verhindert ein Filter die Verschmutzung der

¹⁰ laut Simulationsberechnungen von DS-Plan GmbH, Dr. M. Schwarz

Wärmerückgewinnung. Die Förderung der Luft wird durch die beiden Ventilatoren (Zu- und Abluft) sichergestellt. Schalldämpfer sind im Zu- und Abluftteil vorhanden. Für die Ventilatoren gibt es eine Drehzahlregelung über Frequenzumformer. So ist es möglich, raumweise über variable Volumenstromregler eine exakte Anpassung der notwendigen Luftmenge zu erzielen und damit Betriebskosten zu reduzieren. In den Besprechungsräumen im EG sind Nacherhitzer im Zuluftsystem (Dynamische Heizung) installiert, um eine Schnellaufheizung der Räume zu ermöglichen, da hier die Grundbeheizung über die etwas trägere Fußbodenheizung stattfindet. Zuluft einbringung und Abluftabsaugung der Räume gewährleisten Schlitzauslässe. Die Lager- und Technikräume, in denen Brandlasten auftreten, werden maschinell entraucht, sofern sie nicht natürlich entraucht werden können (z. B. durch Lichtschächte). Die Entrauchung erfolgt über einen Dachventilator, der aufgrund der Sprinklerung auf 300°C Temperaturbeständigkeit ausgelegt ist. Die Einschaltung der Entrauchung erfolgt über Rauchtaster an den Zugängen der Räume.

Wintergärten	freie und natürliche Belüftung durch thermische Luftbewegung/Ab- und Zuluftsteuerung
Atrium/Foyer	freie und natürliche Belüftung durch thermische Luftbewegung/Ab- und Zuluftsteuerung, kombiniert mit Fußbodenheiz-/Kühlsystem, zuströmende Luft durch Erdkanal vorkonditioniert
Veranstaltungs- und Sonderräume	im Veranstaltungsfall werden diese Bereiche mit RLT-Anlagen konditioniert
Bürobereiche	Kühl-/Heizdecke (Dynamische Heizung), Ab- und Zuluftsteuerung, freie Fensterlüftung im Doppelfassadenbereich
Appartementbereiche	Konvektoren, freie Fensterlüftung im Doppelfassadenbereich

Tabelle 6: Das Lüftungskonzept der Landesvertretung NRW in Berlin

Winter	Tmax = -14 °C, 90% relative Feuchte
Sommer	Tmax = +32°C, 40% relative Feuchte

Tabelle 7: Maximale Außenluftzustände für Sommer und Winter für den Raum Berlin

Tiefgarage	6 m ³ /h pro m ² (GaVO)
Küche	30facher Luftwechsel gemäß VDI 2052, Tabelle 6
Müllräume	10facher Luftwechsel
Toiletten	5facher Luftwechsel gemäß DIN 18017
Teeküchen	5facher Luftwechsel (nur Abluft)
Lagerräume UG	2facher Luftwechsel
Mehrzwecksaal EG	8facher Luftwechsel
Speisesaal EG	8facher Luftwechsel
Besprechungsraum EG	8facher Luftwechsel
Besprechungsräume 1.-3. OG	natürliche Lüftung über Fenster
Bürräume	natürliche Lüftung über Fenster
zum Wintergarten liegende Wohnungen	150 m ³ /h je Wohnung (kombiniertes Zu- und Abluftgerät/Wärmerückgewinnung)

Tabelle 8: Luftwechselraten für die unterschiedlichen Gebäudebereiche

Kältetechnische Anlagen

Im Sommer kann in Verbindung mit einer Absorptionskältemaschine Fernwärme zur Kälteerzeugung genutzt werden. Die Kältemaschine hat eine Kälteleistung von 370 kW, bei 8°C Kältevorlauftemperatur (Kaltwasser für Klimatisierung) und 14°C Kälterücklauftemperatur (zu kühlendes Klimawasser). Da die Kältemaschine nach dem Prinzip „mit Wärme kühlen“ arbeitet und dem Klimawasser die Wärme entzogen werden muss, um es wieder als Kaltwasser in den Kühlkreislauf zurück fließen zu lassen, müssen die notwendigen physikalischen und chemischen Bedingungen vorhanden sein. Wasser verdampft in Abhängigkeit vom Umgebungsdruck bei unterschiedlichen Temperaturen (je niedriger der Druck, desto kleiner die Siedetemperatur). Um ein Sieden des Wassers bei 4 - 6°C zu erreichen, herrscht in der Absorptionskältemaschine ein Fast-Vakuum. Die Kältemaschine arbeitet mit dem Kältemittel/Lösungsmittelgemisch Wasser/Lithium-Bromid. Vereinfacht lässt sich sagen: Bei der Kälteerzeugung sind zwei Behälter mit reinem Wasser und mit einer Salzlösung dampfseitig miteinander verbunden. Wegen des unterschiedlichen Dampfdrucks über beiden Flüssigkeiten verdampfen ständig Wasser aus dem Behälter mit reinem Wasser (Verdampfer) und kondensiert wieder in der Salzlösung (Absorber). Dabei wird der Behälter mit reinem Wasser kälter und der mit Salzlösung wird wärmer.

Bei geringen Lasten im Verbraucherkreis (z.B. Stillstand der Lüftungsanlagen) können die Umluftgeräte über die freie Kühlung des Kälteerzeugerkreises versorgt werden, sofern es die Außentemperaturen zulassen. Die Heiz-Kühldecken sind hydraulisch von diesem Kreis getrennt. Hierfür ist ein Wärmetauscher auf das Temperaturniveau der Kühldecken von 16°C

Vorlauftemperatur/18°C Rücklauftemperatur vorhanden. Aufgrund der erwünschten Fensterlüftung für die Büros ist ein Taupunktfühler raumweise eingesetzt worden. So wird Schwitzwasserbildung an der Decke vermieden, wobei die Kühldecke bei verminderter Leistung weiter betrieben werden kann. Im Winter wird der Kühlwasserkreislauf der Kühldecke an das vorhandene Heizungssystem angeschlossen und zu Heizzwecken verwendet. Die Umschaltung von Kühlen auf Heizen verläuft zentral, nicht raumweise. Für die Zusatzbeheizung in der Übergangszeit für den Fall, dass einige Räume Heizbedarf, andere jedoch Kühlbedarf haben und letztendlich auch zur kompletten Deckung des Wärmebedarfs in Zusammenarbeit mit der Heiz-Kühldecke, werden Unterflurkonvektoren in den Räumen eingesetzt.

Förderanlagen

Im Gebäude der Landesvertretung NRW sind insgesamt vier Aufzugsanlagen und ein Hubpodium im Veranstaltungsbereich vorhanden. Die beiden Personenaufzüge befinden sich im Büro- bzw. Wohnbereich, zusätzlich gibt es noch einen Küchen- und einen Lastenaufzug. Die Personenaufzüge haben eine behindertengerechte Ausstattung nach DIN 18024. Die Aufzugsanlagen sind an die Ersatzstromversorgung angeschlossen, um bei Vorliegen eines Brandfalles eine bestehende Fahrt zu Ende zu führen. Die Aufzugsanlagen sind gemäß Brandschutzgutachten steuerungstechnisch in der Lage zu erkennen, ob die aktuelle Evakuierungshaltestelle rauchfrei ist. Alle fördertechnischen Einrichtungen sind laut Geräteliste mit halogenfreien und wenig rauchproduzierenden Kabeln ausgerüstet worden. Die Aufzugsschächte bestehen aus Beton. Der Fahrkorb wird elektrisch bis zum Stillstand gebremst, die mechanische Bremse wirkt nur noch als Haltebremse. Die Lebensdauer der Bremse und die Haltegenauigkeit erhöhen sich. So genannte Leerfahrten erfolgen generatorisch, d.h. bei ca. 50% der Fahrten wird keine Energie aus dem Stromnetz gezogen.

Elektroinstallationen

Zur Verteilung und Transformierung der 10 kV-Versorgungsspannung wurde eine Mittelspannungs-Schaltanlage eingebaut. Zur weiteren Verteilung der Niederspannungsenergie wurde eine stahlblechgekapselte Niederspannungs-Schaltanlage installiert. Zur Reduzierung des Blindstromanteils und damit zur Reduzierung von Verbrauchskosten wird eine Regelkompensationsanlage für die an die Niederspannung angeschlossenen Anlagen bzw. Geräte eingerichtet. Zur Reduzierung der Leistungsspitzen wurden ausgewählte wichtige elektrothermische Geräte der Küchen an eine Energie-Managementanlage angeschlossen. Das elektronische Steuerungssystem besteht aus einer Zentraleinheit zur Überwachung und Optimierung des Leistungsbezuges sowie Ein- und Ausgabemodulen zur Steuerung von Verbraucherkreisen. Zur Reduzierung der Leistungsspitzen soll bei allen elektrothermischen Geräten der individuelle energetische Zustand messtechnisch erfasst und daraus resultierend stets aktuell die Zu- und Abschaltstrategie festgelegt werden.

Über den Einsatz einer ELB wird die Steuerung der gesamten Beleuchtung und der Jalousien gewährleistet. Die Beleuchtungsanlagen in den Besprechungsräumen sind dimmbar. Durch

den Einsatz von Lichtfühlern in den Etagen wird beim Erreichen eines ausreichenden Tageslichtanteils die Beleuchtung automatisch abgeschaltet. Die Visualisierung aller technischen Anlagen führt zu einer übersichtlichen, dem Stand der Technik entsprechenden, Darstellung, die es ermöglicht, den Betrieb der Anlagen und deren Zusammenspiel stetig zu optimieren.

Eine Netzersatzanlage mit Notstrom-Dieselaggregat übernimmt bei einer Störung der Stromversorgung im öffentlichen Netz bzw. im internen Netz nach einer kurzen Unterbrechungszeit die weitere niederspannungsseitige Stromversorgung der sicherheitstechnischen Verbraucher. In Teilbereichen, wie z.B. Mehrzwecksaal, in Etagenfluren, Fluchtwegen und Treppenhäusern des Gebäudes muss nach VDE eine Sicherheitsbeleuchtung mit Fluchtwegkennzeichnung und Flucht-/ Notlichtbeleuchtung eingerichtet sein. Die Notlichtzentralbatterieanlage ist als Kompaktanlage 220 V-Wechselstrom/Gleichstrom (6 kW) ausgeführt, im 1.UG in einem separaten Raum eingebaut und für 1-stündigen Betrieb ausgelegt. Um die Versorgung von EDV-Servern zu gewährleisten, wurde eine Unterspannungsanlage mit einer Leistung von 15 kVA – 230/400 V im Niederspannungsraum eingerichtet. Mit der Anlage wird eine unterbrechungsfreie Energieversorgung sichergestellt.

Auf der Dachfläche des Gebäudes soll eine Fotovoltaikanlage errichtet werden. Die durch diese Anlage erzeugte elektrische Energie wird nur in das hauseigene Niederspannungsnetz eingespeist werden. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Dachflächen von 100 m² kann eine installierte Fotovoltaik-Leistung bis zu 10–12 kWp (Kilowattpeak) erreicht werden. Um die Fotovoltaikanlage zu präsentieren, soll eine Messdatenerfassung (z.B. meteorologische Messwerte) und eine Visualisierung der Betriebsergebnisse im Eingangsbereich installiert werden, außerdem wird es eine Internetpräsentation geben.

5 Quantitative und qualitative Analyse der Landesvertretung NRW

5.1 Darstellung des Betrachtungsrahmens

Der Betrachtungsrahmen für die Erfassung des durch die Gebäudeerstellung der Landesvertretung NRW verursachten Materialverbrauchs wurde durch die Kostengruppe 300 und die Kostengruppe 400 nach DIN 276 festgesetzt. Die weiteren Kostengruppen nach DIN 276 wie die Kostengruppen 100 – Grundstück, 200 – Herrichten und Erschließen, 500 – Außenanlagen, 600 - Ausstattung und Kunstwerke und 700 – Baunebenkosten wurden aufgrund geringer Relevanz bezogen auf die durch sie verursachten Stoffströme nicht in die Betrachtung miteinbezogen.

Kostengruppe 300 (Baukörper)	Kostengruppe 400 (Haustechnik)
310 - Baugrube	410 - Abwasser/Wasser
320 - Gründung	420 - Wärmeversorgung
330 - Außenwände	430 - Luft/Kälte
340 - Innenwände	440 - Elektroinstallationen
350 - Decken	480 - Gebäudetechnik
360 - Dächer	

Tabelle 9: Die Kostengruppen 300 und 400 und ihre Unterkostengruppen

Für die Nutzungsphase wurden Heizenergie- und Stromverbräuche und die Erneuerung bestimmter Gebäudekomponenten (siehe Kapitel 5.4) berücksichtigt, die Entsorgung bzw. der Abriss oder die mögliche Umnutzung des Gebäudes wird in der Bewertung (Kapitel 6) auf Basis der Gebäudebeschreibung rein qualitativ beurteilt.

Als Datenquellen für die Betrachtung der Landesvertretung nach dem MIPS-Konzept lagen folgende Unterlagen vor:

- Die Kostenberechnung nach Gewerken,
- die Ausschreibungsunterlagen und die
- Architekten-Pläne.

Diese schriftlichen Quellen wurden ergänzt durch immer neue Informationen seitens des Architekten. So wurde die Datenlage während der Projektlaufzeit bis zum 31.10.01 ständig aktualisiert. Bis zu diesem Termin waren immer noch einige Fragen ungeklärt, z.B. die genaue Ausführung der Außenfassade, da diese nach mehrfacher erneuter Ausschreibung erst Ende Oktober 2001 vergeben wurde. Es wurde eine Materialliste auf Basis der „Kostenberechnung nach Gewerken“ erstellt, in der alle Materialmassen und deren Berechnung bzw. Abschätzung dokumentiert wurden. Diese Materialliste wurde regelmäßig aktualisiert und befindet sich im Anhang (Seite 83 ff.).

Für den Baubereich liegt dem Wuppertal Institut eine umfangreiche Zusammenstellung an MI-Werten für die Baustoffe vor (Anhang, Seite 98 ff.). Für einige wenige Materialien musste allerdings aufgrund noch fehlender MI-Werte eine Abschätzung mit vergleichbaren

Materialien, eine Minimumabschätzung mit dem Eigengewicht bzw. für manche Bauteile eine Minimumabschätzung mit dem reinen Material vorgenommen werden. Bei der zuletzt genannten Variante wird nur der Material- und Energieaufwand zur Herstellung des Materials berücksichtigt, nicht der Aufwand für die Weiterverarbeitung zu einem bestimmten Produkt (wie z.B. Folie, Rohre oder Bleche). Diese Abschätzungen sind in der Materialliste, in der die Zuordnung der Materialien zu den MI-Werten dokumentiert ist, mit einem * gekennzeichnet. Im Anschluss an die Materialliste im Anhang befindet sich eine Tabelle mit den Positionen, die in der MIPS-Betrachtung nicht berücksichtigt wurden. Die Positionsnummern beziehen sich auf die Positionen in der Materialliste (Anhang, Seite 83 ff.). Die geklammerten Positionsnummern bedeuten, dass nur bestimmte Teilpositionen nicht betrachtet wurden. Diese Teilpositionen sind in der Spalte „Position“ benannt. Es wurden beispielsweise keine Verschalungen berücksichtigt, da diese zum Großteil komplett zurückgebaut und mehrmals eingesetzt werden. Bezogen auf klassische Holzverschalungen ist dieser Mehrfacheinsatz begrenzt, Fertigelemente-Verschalungen hingegen können praktisch unbegrenzt wieder eingesetzt werden. Außerdem wurden alle Positionen, die nur an Kosten und nicht an Massen gekoppelt sind – z.B. Zulagen – nicht in die Materialliste aufgenommen. Diese nicht berücksichtigten Positionen haben ersten Abschätzungen zur Folge keine richtungsändernden Auswirkungen auf das Gesamt-Ergebnis.

5.2 Baukörper

Die Außenfassade wurde aufgrund der oben genannten Neuausschreibungen abgeschätzt. Die Innenfassade wurde mit bereits am Wuppertal Institut analysierten isolierverglasten Fensterelementen überschlägig bilanziert, da bis zum Abschluss der Datenrecherche keine Informationen über den genauen Aufbau der Holzrahmenkonstruktion zur Verfügung standen. Außerdem lagen für das Gründach keine genauen Angaben zum Dachaufbau mit den dazu gehörigen Materialmassen vor. Hier wurde der Aufbau eines konventionellen extensiv begrünten Daches angenommen. Für die restlichen Bereiche des Baukörpers wie Baugrube, Gründung, Innenwände und Decken war die Datenlage umfangreich und aussagekräftig.

Innenfassade

Zur Abschätzung der in der Innenfassade verbauten Massen wurde die im Angebot ausgewiesene Gesamtfläche von 2.545 m² angesetzt. Die Fensterelemente im Erdgeschoss sind mit 1.350 mm x 3.450 mm und die Fensterelemente in den drei Obergeschossen mit 1.350 mm x 2.750 mm angenommen worden. Aus den Plänen abgelesen ergibt sich eine Anzahl von 136 Fensterelementen im Erdgeschoss, das entspricht einer Fläche von 633,42 m². Für das 1. – 3. Obergeschoß verbleibt somit eine Fensterfläche von 1.911,58 m². Diese Fläche entspricht 515 Fensterelementen der Maße 1.350 x 2.750 mm.

Weiterhin wurden die laufenden Meter Holzrahmen ermittelt und die Glasfläche abgeschätzt, in dem die Holzrahmen mit einer Stärke von 180 mm angesetzt und aus der Gesamtfensterfläche herausgerechnet wurden.

Für die im Angebot angegebene Anzahl an Dreh-/bzw. Kippfensterelementen wurden für die Betrachtung Beschläge berücksichtigt.

Für die MIPS-Berechnung wurden aufgrund der fehlenden Daten (Aufbau der Holzrahmenkonstruktion) die MI-Werte für Rahmen, Verglasung und Beschläge eines vom Wuppertal Institut berechneten Holzfensters mit Wärmeschutzverglasung und einem Gesamt-U-Wert von 1,4 angesetzt und auf die Fensterfläche der Landesvertretung hochgerechnet.

Außenfassade

Zur Abschätzung der Außenfassade wurde ebenfalls die im Angebot angegebene Gesamtfläche von 2.780 m² angesetzt.

Das Raster der Stahlkonstruktion zur Aufnahme der Glasscheiben wurde mit dem Raster der Innenfassade identisch gewählt, also im Erdgeschoss 1.350 mm x 3.450 mm und in den drei Obergeschossen 1.350 mm x 2.750 mm. Die Überhöhung des 3. Obergeschosses wurde berücksichtigt.

Für die Stahlprofile wurde ein Querschnitt von 0,0025 m² angesetzt und dieser über das gleiche Rahmen-Glas-Raster wie die Innenfassade mit den so angenommenen laufenden Metern Stahlprofil multipliziert. Für die Aluminiumprofile wurde ein Querschnitt von 0,0005 m² angenommen.

Weitere Angaben zu den Annahmen und den vorgenommenen Berechnungen finden sich in den Materialliste (Anhang Seite 83 ff.) unter der Positionsnummer 04: Fassadenkonstruktionen.

5.3 Haustechnik

Für den Bereich der Haustechnik wurde nach dem selbem Schema verfahren wie für den Baukörper. Anhand der in der Materialliste aufgelisteten Positionen wurden die einzelnen Materialien und deren Massen ermittelt.

In den folgenden Tabellen sind die für die jeweiligen Bauteile hauptsächlich verwendeten Materialien für die unterschiedlichen Haustechnik-Bereiche aufgeführt.

Bauteile	Hauptsächlich verwendete Materialien
Kellerleitungen	Stahl
Steigeleitungen und horizontale Heizkreise	Kupfer
Dämmung	Steinwolle Stahlblech Aluminiumkaschierung Aluminium-Grobkornfolie
Dämmung von Armaturen	Polyurethan-Halbschalen mit einer Polystyrol-Ummantellung

Tabelle 10: Materialien für die Wärmeversorgungsleitungen

Bauteile	Hauptsächlich verwendete Materialien
Zu- u. Verteilleitungen (Sprinkleranlage)	Stahl

Tabelle 11: Materialien für die Feuerlöschanlagen

Bauteile	Hauptsächlich verwendete Materialien
Kellerverteilleitungen	Kupfer
Anbindeleitungen in den Vorsatzschalen	Kupfer
Druckrohrleitungen	Polyvinylchlorid
Dämmung	Steinwolle Stahlblech Aluminiumkaschierung

Tabelle 12: Materialien für die Wasseranlagen

Bauteile	Hauptsächlich verwendete Materialien
Fall- und Sammelleitungen	Gußeisen
Rohrleitungen für fetthaltige Abwässer	Gußeisen
Objektanschlußleitungen	Polypropylen
Dämmung	Steinwolle Aluminiumkaschierung

Tabelle 13: Materialien für die Abwasseranlagen

Bauteile	Hauptsächlich verwendete Materialien
Wickelfalzrohr	verzinkter Stahl
Längsfalzrohr	Edelstahl
Dämmung	Mineralwolle Stahlblech Aluminiumkaschierung Armaflex
Luftkanal	verzinkter Stahl Edelstahl
Ummantelung	Aluminium
Stahlkonstruktion	Stahl

Tabelle 14: Materialien für die Luftleitungen

Bauteile	Hauptsächlich verwendete Materialien
Rohrleitungen/Kälteerzeugung	Stahl
Rohrleitungen/Kälteverbraucher	Stahl
Rohrleitungen/Kühldecke	Kupfer
Dämmung	Aluminiumblech Aluminiumkaschierung Armaflex
Frostschutzmittel	Glykol
Stahlkonstruktion	Stahl

Tabelle 15: Materialien für die Rohrleitungen der Kältetechnik

Bauteile	Hauptsächlich verwendete Materialien
Kabel	Kupfer Polyethylen/PVC
Installationsrohr	Stahl Polyethylen
Kabelrinne	Stahl
Leitungsführungskanal	Polypropylen/Polyethylen
Profileisen	Stahl

Tabelle 16: Materialien für die Elektroinstallation

Die Gebäudeautomation und gesamte Elektroinstallation des Baukörpers der Landesvertretung NRW in Berlin wurden nur soweit behandelt, wie sie nach ersten Abschätzungen relevant für die Betrachtung nach dem MIPS-Konzept waren. Die Summe der Kabellängen (aus Materialliste entnommen) der Elektroinstallation aus der Gebäudeautomation beträgt ca. 9 km. Die gesamte verbaute Kabellänge der Elektroinstallation des Gebäudes beläuft sich auf ca. 150 km Kabel. Für die weitere Berechnung der restlichen gut 140 km Kabelmasse nach dem MIPS-Konzept mussten Näherungswerte angenommen werden. Anlehnend an die Berechnung der Kabelmasse der Gebäudeautomation für den laufenden Meter 0,2 kg Kunststoff und einem Kupferanteil von ca. 0,1 kg pro laufendem Meter, wurden 0,3 kg/lfm Kunststoff und 0,2 kg/lfm Kupfer gewählt. Diese Schätzwerte wurden mit standardisierten Kabellisten abgeglichen. Da in der Materialliste auch PVC-Kabel aufgeführt sind, wurde der Kunststoffanteil der Kabel pauschal mit 10 % PVC und 90 % PE abgeschätzt.

5.4 Nutzungsphase

Für die Nutzungsphase der Landesvertretung NRW wurden unterschiedliche Zeiträume betrachtet, da die Lebensdauer von Gebäuden und Bauteilen einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Materialintensität von Gebäuden hat. Diese Tatsache kann in Kapitel 6 sehr anschaulich anhand der drei betrachteten Nutzungsphasen verdeutlicht werden. Zum Ersten wurde eine Nutzungsphase von 20 Jahre betrachtet, da nach dieser Zeit das Verwaltungsgebäude vermutlich abgeschrieben sein wird, zum Zweiten 40 Jahre, da das Gebäude sicherlich über den Zeitraum von 20 Jahren hinaus genutzt werden wird, aber vermutlich nicht wie bei Wohngebäuden durchaus üblich - 80 Jahre und länger. Die Nutzungsdauer von 80 Jahren wurde dann zum Dritten auch noch betrachtet, um einen Vergleich von Verwaltungsbau zu Wohnungsbau möglich zu machen.

Für die Nutzungsphase von 20 Jahren wurde nur der Energieverbrauch für Heizung und Strom betrachtet, es wurden keinerlei Erneuerungen am und im Gebäude berücksichtigt. Für die Nutzungsphasen von 40 und von 80 Jahren wurden die Energieverbräuche und die für den

jeweiligen Zeitraum anstehenden Erneuerungen für Dach, Fenster und bestimmte Haustechnik-Komponenten betrachtet.

Der angesetzte Heizenergieverbrauch bezieht sich auf den in der Planungsphase erstellten Wärmeschutznachweis, wobei bei dieser Vorgehensweise nicht vergessen werden darf, dass der reale Heizenergieverbrauch gegebenenfalls erheblich von dem im Wärmeschutznachweis berechneten Verbrauch abweichen kann (u.a. (Bunte 1997)). Der Stromverbrauch musste abgeschätzt werden, da keine genauen Angaben zu den für die Auslegung der Stromversorgung angesetzten Verbräuche vorlagen. Die Abschätzung wurde anhand der für die Vergleichsgebäude existierenden Verbrauchsdaten vorgenommen.

Die für die Erneuerung an der Gebäudehülle und im Gebäudeinneren betrachteten Bauteile bzw. Komponenten sind in der folgenden Tabelle mit der jeweils angenommenen Lebensdauer aufgeführt.

Bauteile	Angenommene Lebensdauer
Dach	40 Jahre
Fenster	25 Jahre
Heizung	25 Jahre
Rohre	25 Jahre
Kabel	25 Jahre

Tabelle 17: ausgewählte Bauteile und deren angenommene Lebensdauer¹¹

5.5 Vergleichsgebäude

Projektbegleitend wurde im Rahmen einer Diplomarbeit (Hein und Saulich 2001) am Wuppertal Institut eine Betrachtung von vier Verwaltungsgebäuden nach dem MIPS-Konzept vorgenommen. Diese Verwaltungsgebäude werden in diesem Kapitel kurz beschrieben und bei der Interpretation der Ergebnisse (Kapitel 6) als Referenzgebäude herangezogen. Es handelt sich um folgende Gebäude:

- Das Gründerzentrum im Ökozentrum NRW in Hamm,
- das Verwaltungsgebäude der Technischen Werke Osning GmbH in Halle (Westfalen),
- das Passiv-Solar-Haus von Wagner & Co. in Cölbe und
- die Klüter Kaserne in Detmold (Sanierung).

5.5.1 Gründerzentrum im Ökozentrum NRW, Hamm

Das Gründerzentrum im Ökozentrum Hamm ist auf der brachliegenden Fläche einer alten Kohlezeche errichtet worden, um neu gegründeten Unternehmen aus dem Umweltbereich einen günstigen Standort zu verschaffen. Das Gebäude gliedert sich in einen eingeschossigen Hallentrakt mit gewölbtem Gründach und einem viergeschossigen unterkellerten

¹¹ Gemittelte Werte auf Basis der Angaben zu Lebensdauern von Bauteilen aus dem „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2001) Es wurden unterschiedliche Primärquellen berücksichtigt.

Verwaltungsgebäude. Prägendes Element in der Fassade des Verwaltungsgebäudes ist ein 120 m² großer Solarluftkollektor, der die gesamte Süd-Ost-Fassade bedeckt. Weitere interessante Elemente sind der partielle Einsatz von recycelten Ziegeln aus Abbruchgebäuden, die Verwendung von Holz-Beton-Decken und ein Erdkanal zum Temperieren der Zuluft.

Das Gebäude entspricht dem Niedrigenergiehausstandard. Bei der Planung des Gebäudes wurde insbesondere auf die Recyclingfähigkeit der Baustoffe geachtet.

Baujahr	1998
Architekten	Hegger, Hegger, Schleiff, Planer + Architekten, Kassel
Grundstück	Ökozentrum Hamm
Gesamtbaukosten	ca. 4,5 Mio. Euro
Gebäudenutzfläche	4.500 m ²
Gebäudevolumen (beheizt)	20.000 m ³
Nutzflächenbezogener Heizwärmebedarf	Hallentrakt 28 kWh/m ² a Bürogebäude 62 kWh/m ² a
Realer Verbrauch (inkl. Warmwasser)	49,6 kWh/m ² a (Fernwärme)

Tabelle 18: Gebäudedaten des Gründerzentrums Hamm

Die Außenwände des Gebäudes bestehen aus einem zweischaligen Ziegelmauerwerk und zum Teil aus Recyclingziegeln, versehen mit einer Mineralwollendämmung. Die Dächer sind als extensive Gründächer ausgeführt. Der Hallentrakt ist auf Stahlbetonstreifenfundamenten gegründet, der Keller des Bürogebäudes ist als weiße Wanne ausgebildet. Ein besonderes Detail sind die Geschossdecken des Bürogebäudes, welche als Holzbetondecken ausgeführt sind. Dabei werden halbierte Rundhölzer als verlorene Schalung eingesetzt, die mit Beton ausgegossen werden. Die Decke erhält so eine Holzoptik von unten, weißt aber die gleichen statischen und physikalischen Aspekte wie eine Stahlbetondecke auf.

Die Wärmeversorgung wird über Solarluftkollektor auf der Gebäudesüdseite, über einen Erdkanal, der ebenfalls zur Gebäudekühlung über die Lüftung eingesetzt wird und über ein Nahwärmeversorgungsnetz sichergestellt. Die Stromversorgung ist konventionell. Für den Bereich der Abwasser- und Wasseranlagen existiert eine Besonderheit durch die Regenwassernutzung im Grauwasserbereich.

5.5.2 Verwaltungsgebäude der Technischen Werke Osning GmbH, Halle in Westfalen

Das neue Verwaltungsgebäude der Technischen Werke Osning GmbH (TWO) vormals der Stadtwerke Halle ist im Rahmen der Umstrukturierung in eine GmbH errichtet worden. Das Ziel der Planer war es, ein Gebäude zu schaffen, das den Kunden der TWO Transparenz entgegenbringt und darlegt, dass diese Firma auf dem neuen Energiemarkt nicht nur die Nutzung alternativer Energien anpreist, sondern selbst diese Energien erzeugt und nutzt. Außerdem sollte es möglichst erweiterbar sein, falls zukünftig weitere Büroflächen benötigt werden sollten. Das zweigeschossige, voll unterkellerte Gebäude ist etwa 81 m lang und max.

12,30 m breit. Die Büroräume sind optimal nach der Sonne ausgerichtet. Das Gebäude besteht aus einer Stahlbetonskelett-Konstruktion mit massiven Stahlbeton- und Kalksandsteinwänden. Im Innenbereich wurden Gipskartonleichtbauwände eingesetzt. Das Dach ist zum Teil ein extensives Gründach, das zusammen mit der Grünfläche auf dem Grundstück die komplette Versickerung des Regenwassers ermöglicht.

Das Gebäude entspricht dem Niedrigenergiehausstandard.

Baujahr	1994
Architekten	Heitmann Architekten, Gütersloh
Grundstück	Gartnischer Weg, Halle in Westfalen
Gesamtbaukosten	k.A.
Gebäudenutzfläche	2383,5 m ²
Gebäudevolumen (beheizt)	8342,3 m ³
Realer Verbrauch (inkl. Warmwasser)	71,67 kWh/m ² a

Tabelle 19: Gebäudedaten der Technischen Werke Osning GmbH

Die Fassaden sind teils in Stahlbeton und teils als Kalksandsteinwände ausgeführt und mit einer Mineralwolldämmung versehen. Die Dächer sind extensive Gründächer und ein Aluminium-Dach. Die Decken sind aus Stahlbeton. Die Gründung ist konventionell, das Gebäude ist voll unterkellert.

Die Wärmeversorgung wird über einen Brennwertkessel und eine Wärmerückgewinnung sichergestellt. Die Stromversorgung wird zum Teil über eine Fotovoltaik-Anlage gesichert und ansonsten konventionell gewährleistet. Die Lufttechnische Anlagen sind konventionell, Kältetechnische Anlagen existieren nicht.

5.5.3 Passiv-Solar-Haus von Wagner & Co., Cölbe

Als Hersteller und Vertreiber von Regenwassernutzungssystemen und Solartechnik hat sich die Firma Wagner & Co. Solartechnik GmbH als Verwaltungssitz ein Präsentationsgebäude gebaut, welches zur Zeit des Baus den neusten ökologischen Standards entsprach. Das dreigeschossige Büro- und Kundenzentrum mit einer Grundfläche von 730 m² verfügt über 50 Arbeitsplätze. Es handelt sich dabei um Großraum- sowie auch Einzelbüros. Im Erdgeschoss befindet sich eine öffentlich zugängliche Empfangshalle, die gleichzeitig auch als Ausstellungshalle für die Verkaufsprodukte genutzt wird. Im hinteren Teil liegen eine Werkstatt sowie die Gebäudetechnikräume. Zur Verminderung von Aufheizung der Räume im Sommer wurde auf große Fenster verzichtet und dagegen Wert auf die aktive Nutzung der Solarenergie gelegt. Die statischen Lasten werden durch ein Traggerüst aus Stahl und Stahlbeton im Gebäudeinneren aufgenommen, um so die Dämmung der Außenwände durchgängiger ausführen zu können.

Das Gebäude entspricht dem Passivhausstandard. Bei einem Blower-Door-Test wurde eine Luftwechselrate $n_{50} = 0,6$ 1/h festgestellt.

Baujahr	1998
Architekten	Dipl. Ing. Christian Stamm,
Gesamtbaukosten	2,9 Mio. Euro
Gebäudenutzfläche	2.180 m ²
Gebäudevolumen (beheizt)	8.533 m ³
A/V-Verhältnis	0,36
Realer Verbrauch (inkl. Warmwasser)	16,35 kWh/m ² a

Tabelle 20: Gebäudedaten der Wagner & Co. Solartechnik GmbH

Auffälligstes Merkmal dieses Passivhauses ist der riesige Warmwasserschichtenspeicher in der Mitte des Gebäudes. Seine Lasten werden gemeinsam mit den statischen Lasten des Gebäudes über eine massive 50 cm starke Stahlbetonbodenplatte in das Erdreich abgeleitet. Diese ist wiederum in eine 50 cm dicke Schaumglasdämmung eingepackt. Die Außenwände des Gebäudes bestehen aus Holzleichtbauwänden mit Zellulosedämmung, in die Holzfenster mit Dreischeibenverglasung, (U-Wert = 0,5 W/m²K) eingebaut wurden. Das Dach ist als extensives Gründach konzipiert.

Die Wärmeversorgung wird über einen vierfachen Gegenstrom-Luft/Luft-Wärmetauscher mit Erdreichwärmeüberträger und einem BHKW mit Erdgasbetrieb sichergestellt. Die Stromversorgung wird ebenfalls über das BHKW mit Erdgasbetrieb abgedeckt. Für den Bereich der Abwasser- und Wasseranlagen existiert eine Besonderheit durch die Regenwassernutzung im Grauwasserbereich.

5.5.4 Kaserne Klüt, Detmold

Das Gebäude der Kaserne Klüt ist ursprünglich als Panzerhalle der britischen Streitkräfte genutzt worden, und nach deren Abzug in Besitz der Stadt Detmold gelangt. Diese hat auf dem Kasernengelände den städtischen Bauhof angesiedelt, für den in diesem Gebäude die Verwaltung und die Sozialräume untergebracht wurden. Das rechteckige, zweigeschossige Gebäude ist mit neuer Gebäudetechnik ausgestattet worden. Außerdem sind neue Fenster eingebaut und eine Außenwanddämmung aufgebracht worden. Der Rohbau konnte zum allergrößten Teil weitergenutzt werden. Selbst das Dach wurde nur angehoben und leicht auseinander gezogen, um einer neuen Dämmung Platz zu bieten. Die Innenwände sind aus flexiblen Gipskartonleichtbau-Konstruktionen.

Das Gebäude entspricht dem Niedrigenergiehausstandard.

Baujahr	1997
Architekten	Heinrich Fritzemeier
Grundstück	Georgstrasse, Detmold
Gesamtbaukosten	ca. 3,2 Mio. Euro
Gebäudenutzfläche	3.000 m ²
Realer Verbrauch (inkl. Warmwasser)	45,21 kWh/m ² a

Tabelle 21: Gebäudedaten der Kaserne Klüt

Die Wärmeversorgung wird über einen Niedertemperaturkessel sichergestellt. Die Stromversorgung ist konventionell. Es existieren weder Luft- noch Kältetechnische Anlagen. Die Wasserversorgung und die Abwasserentsorgung sind ebenfalls konventionell.

6. Interpretation der Ergebnisse

In dem folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie für die Landesvertretung NRW in Berlin dargestellt und erläutert. Die Ergebnisse beziehen den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes mit Ausnahme des Rückbaus ein. Ersten Abschätzungen zur Folge hat der Rückbau von Gebäuden unter reinen Stoffstromgesichtspunkten einen Anteil von $< 5\%$ am gesamten Ressourcenverbrauch eines Gebäudes und wird infolgedessen im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter berücksichtigt (THS, 1998).

Im Rahmen der Ergebnisse wird zum einen der Ressourcenverbrauch für die Erstellung des Baukörpers und der Haustechnik, zum anderen der Energie- und Ressourcenverbrauch während der Nutzungsphase oder auch Betriebsphase, also für die Versorgung der Landesvertretung NRW mit elektrischem Strom und Wärme ermittelt. Die während der Nutzungsphase notwendigen Ressourcenaufwendungen für die Instandsetzung und Wartung bestimmter Bauteile bzw. Bauelemente werden ebenfalls einbezogen.

Für die einzelnen Bauelemente werden dabei nach gängigen Maßstäben festgelegte Erneuerungszyklen zu Grunde gelegt, die in Kapitel 5.4 aufgeführt sind. Auf die Kostengruppen 300 und 400 wird separat und detailliert eingegangen, da sie für das Gros des lebenszyklusweiten Ressourcenverbrauchs von Gebäuden verantwortlich sind und sich hier relevante Optimierungspotenziale aufzeigen lassen. Abschließend wird die Landesvertretung NRW vier Referenzgebäuden gegenüber gestellt, die in Kapitel 5.5 näher beschrieben werden. Dieser Vergleich mit andern Gebäuden ermöglicht eine Einordnung und letztlich eine Beurteilung der Ressourceneffizienz der Landesvertretung NRW. Die Bezugsgröße bezogen auf jedes Gebäude (Serviceeinheit) wird je nach Fragestellung als ein Quadratmeter Nutzfläche oder ein Quadratmeter pro Nutzfläche und Jahr definiert.

Weitere, nachfolgend nicht explizit dargestellte Ergebnisse finden sich im Anhang in Tabellenform. Sie sind für die zentralen Aussagen dieser Studie nicht relevant, können jedoch z.B. bei veränderten Fragestellungen problemlos herangezogen werden. Der Anhang ist wie in Abbildung 14 dargestellt gegliedert. Diese Gliederung ist dem Anhang vorweg gestellt und dort durch Seitenzahlen ergänzt, um einen einfachen und übersichtlichen Umgang mit den Ergebnistabellen zu gewährleisten.

Am Ende eines jeden Unterkapitels sind die Kernaussagen der Ergebnisse in einem Kasten als „Tipps zur Steigerung der Ressourceneffizienz im Verwaltungsbau“ zusammengefasst, um dem Leser einen schnellen Überblick über die zentralen Ergebnisse dieser Studie zu ermöglichen.



Abbildung 12: Gliederung der Ergebnistabellen im Anhang

6.1 Ergebnisse für die Landesvertretung

In der Abbildung 15 ist der TMR für die Erstellung der Landesvertretung NRW (Kostengruppe 300 und 400), für den Heizenergie- und Strombedarf und für die Erneuerung bezogen auf Nutzungsphasen von 20, 40 und 80 Jahren (siehe Kapitel 5.4) dargestellt. Die heutzutage eher kurze Nutzungsdauer von Verwaltungsbauten erklärt sich dadurch, dass diese häufig bereits nach ca. 10 Jahren steuerrechtlich bzw. betriebswirtschaftlich abgeschrieben sind. Da das Land aber für dieses Gebäude eine längere Nutzungsphase als diese 10 Jahre vorgesehen hat, beziehen sich die nutzungsbezogenen Vergleiche in der Untersuchung auf einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren. Die Wahl eines längeren Nutzungszeitraumes soll dabei den Grad des ökologischen Entlastungspotenzials bei längerer Nutzung aufzeigen.

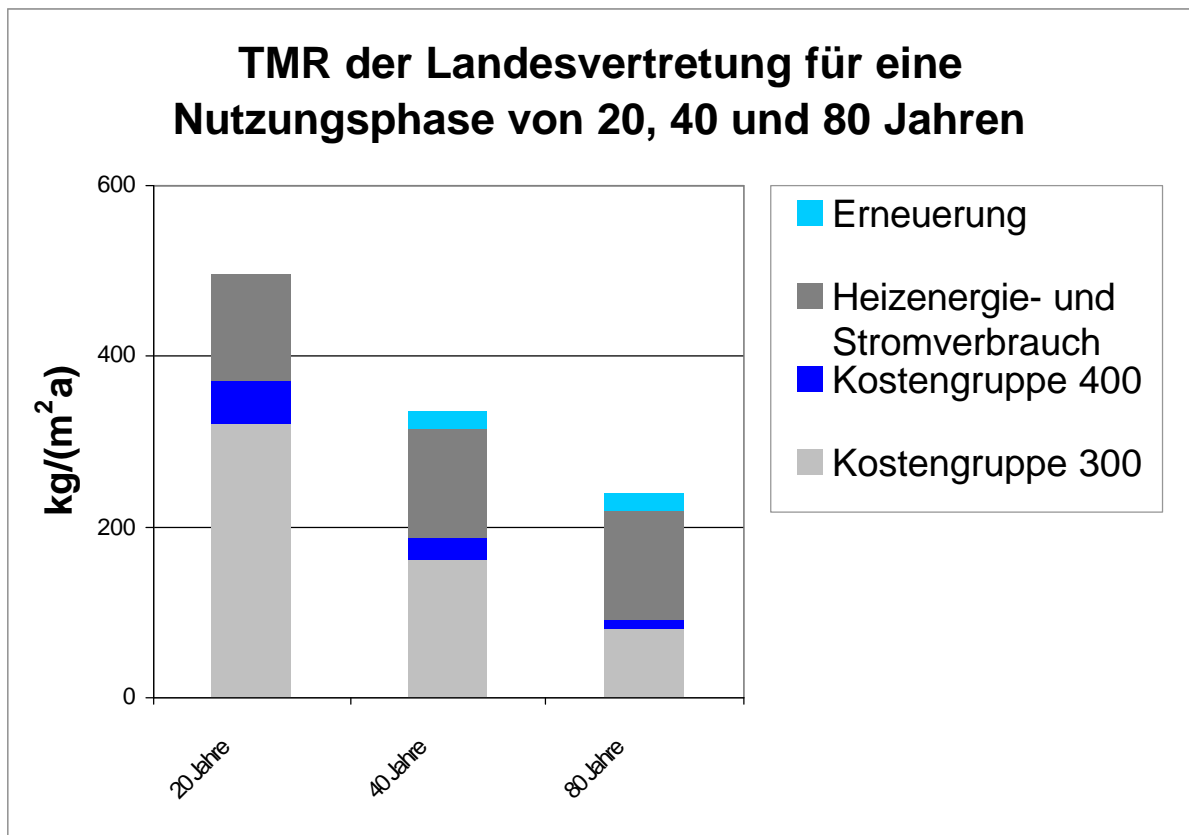


Abbildung 15: TMR für Erstellung und Nutzung der Landesvertretung NRW

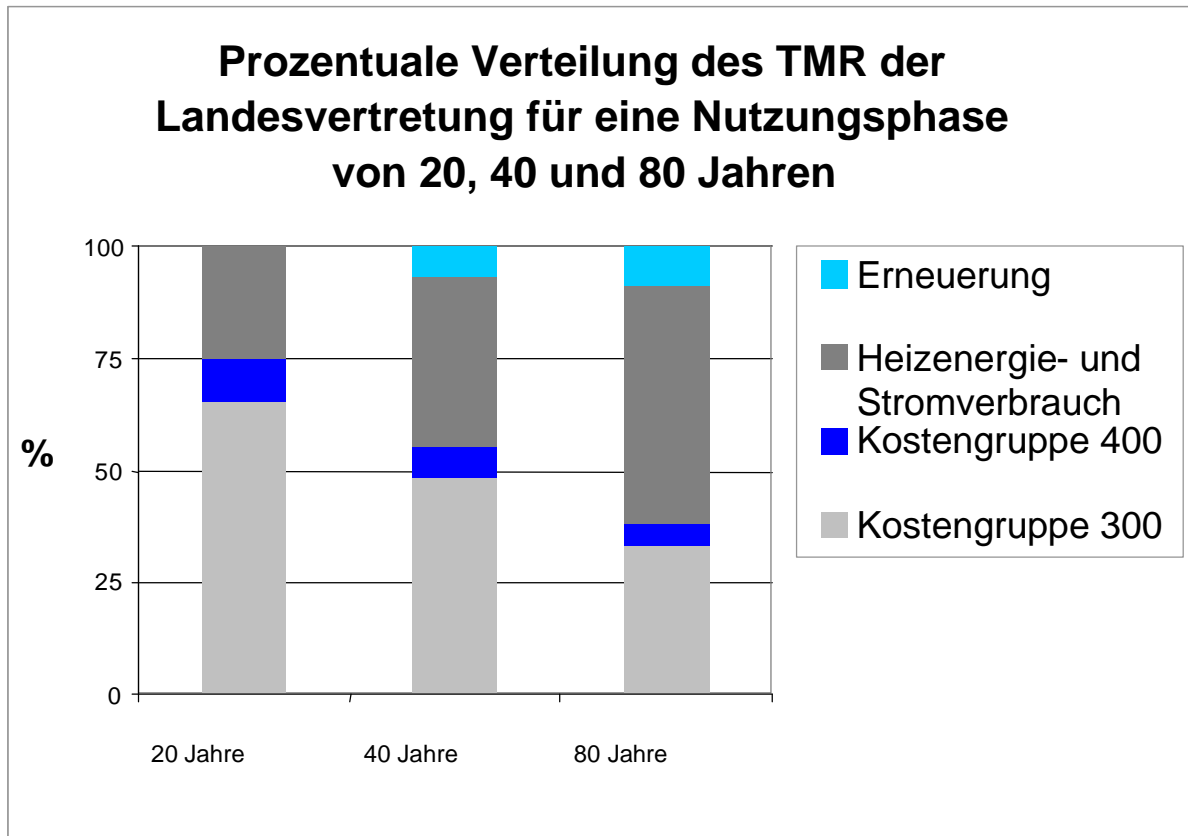


Abbildung 16: Prozentuale Verteilung des TMR für Erstellung und Nutzung der Landesvertretung für unterschiedliche Nutzungsphasen

Es wird deutlich, dass eine längere Nutzungsdauer von Gebäuden zu einem geringeren Materialinput bezogen auf die Serviceeinheit von einem Quadratmeter Nutzfläche pro Jahr Nutzung führt. Es lässt sich also generell sagen, dass es vorteilhaft ist, die Lebens- und damit Nutzungsdauer – auch von Verwaltungsgebäuden – zu verlängern.

Betrachtet man nun, wie in Abbildung 16 dargestellt, die prozentuale Verteilung des TMR auf die Bereiche Erstellung und Nutzung der Landesvertretung für die Nutzungsphasen von 20, 40 und 80 Jahren, wird deutlich, dass je länger ein Gebäude genutzt wird, die Erstellung des Gebäudes immer weniger ins Gewicht fällt und der Heizenergie- und Stromverbrauch einen immer größeren Stellenwert einnehmen. In einer energieeffizienteren und ressourcenschonenderen Versorgung von Verwaltungsgebäuden liegt also ein großes Potenzial für die Minimierung des durch solche Gebäude erzeugten Naturverbrauchs.

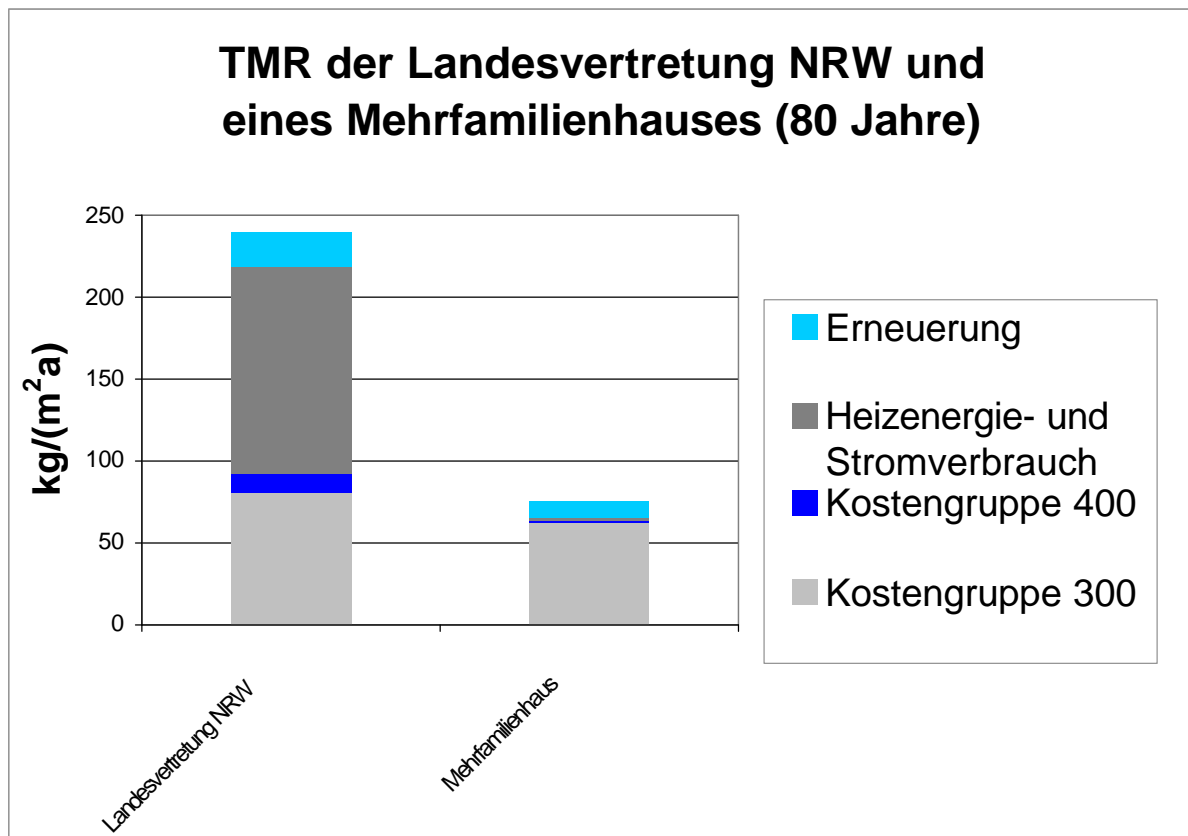


Abbildung 17: Vergleich der Landesvertretung NRW mit einem Mehrfamilienhaus (Mittelwert unterschiedlicher Mehrfamilienhaustypen (Herbst 2000))

Vergleicht man wie in Abbildung 17 dargestellt den TMR der Landesvertretung NRW mit dem eines durchschnittlichen Mehrfamilienhauses nach Niedrigenergiehaus-Standard über einen Nutzungszeitraum von 80 Jahren, wird deutlich, dass das Verwaltungsgebäude wesentlich ressourcenintensiver ausfällt. Gerade die Kostengruppe 400 und der Heizenergie- und Stromverbrauch verursachen einen höheren Materialverbrauch, als bei dem Wohngebäude. Dies liegt darin begründet, dass die Haustechnik im Wohnungsbau meist weniger komplex und aufwendig gestaltet ist als in Verwaltungsgebäuden und dementsprechend auch der Stromverbrauch wesentlich niedriger liegt. Für die Kostengruppe 300 zeigt sich kein so großer Unterschied, denn die Aufwendungen für die Gebäudehülle bei Wohngebäuden sind ähnlich hoch wie bei Verwaltungsgebäuden. Das Standardwohngebäude in Deutschland ist meist voll unterkellert und da nach wie vor die Massivbauweise bevorzugt wird, sind auch die Wand- und Dachkonstruktion materialaufwändig. Hier stellt sich die Frage, inwieweit die heutigen Passivhaus-Konzepte unter Ressourcengesichtspunkten ausgereift sind, da hier der Aufwand für die Erstellung des Baukörpers im Vergleich zu einem durchschnittlichen Wohngebäude auf jeden Fall (erheblich) ansteigt. Der Heizenergieverbrauch sinkt zwar ebenfalls erheblich, der Stromverbrauch hingegen steigt eher an, da in Passivhäusern meist eine komplexere Haustechnik eingesetzt wird. In einer in Zusammenarbeit mit dem Wuppertal Institut erstellten Diplomarbeit (Herbst 2000) sind Niedrigenergie- und Passivhäuser unter Ressourcengesichtspunkten miteinander verglichen worden. Die Niedrigenergiehaus-Varianten zeigten sich lebenszyklusweit gesehen in allen

betrachteten Fällen weniger materialintensiv als die Passivhaus-Varianten. Perspektivisch sind hier neue innovative Konzepte gefragt, die eine ressourceneffiziente Bauweise mit einer energieeffizienten Gebrauchsphase verbinden. Erste Ansätze in diese Richtung sind bereits 1998 in der interdisziplinären Arbeit „Das Wuppertal Haus“ zusammengetragen worden (Schmidt-Bleek et al. 1999). Weiter konkretisiert wurden diese Ideen im Rahmen des Passivhaus-Wettbewerbes in Leverkusen, der im Auftrag des MSWKS NRW vom Landesinstitut für Bauwesen durchgeführt wurde. Der Vorschlag eines gemeinsamen Planerkonsortiums unter Beteiligung des Wuppertal Institutes erzielte dabei den 3. Platz. Eine erste konkrete Umsetzung in Form eines Bauvorhabens, sei es als Wohn-, Verwaltungs- oder Industriegebäude, sei es als Sanierungsmaßnahme oder Neubau, steht noch aus.

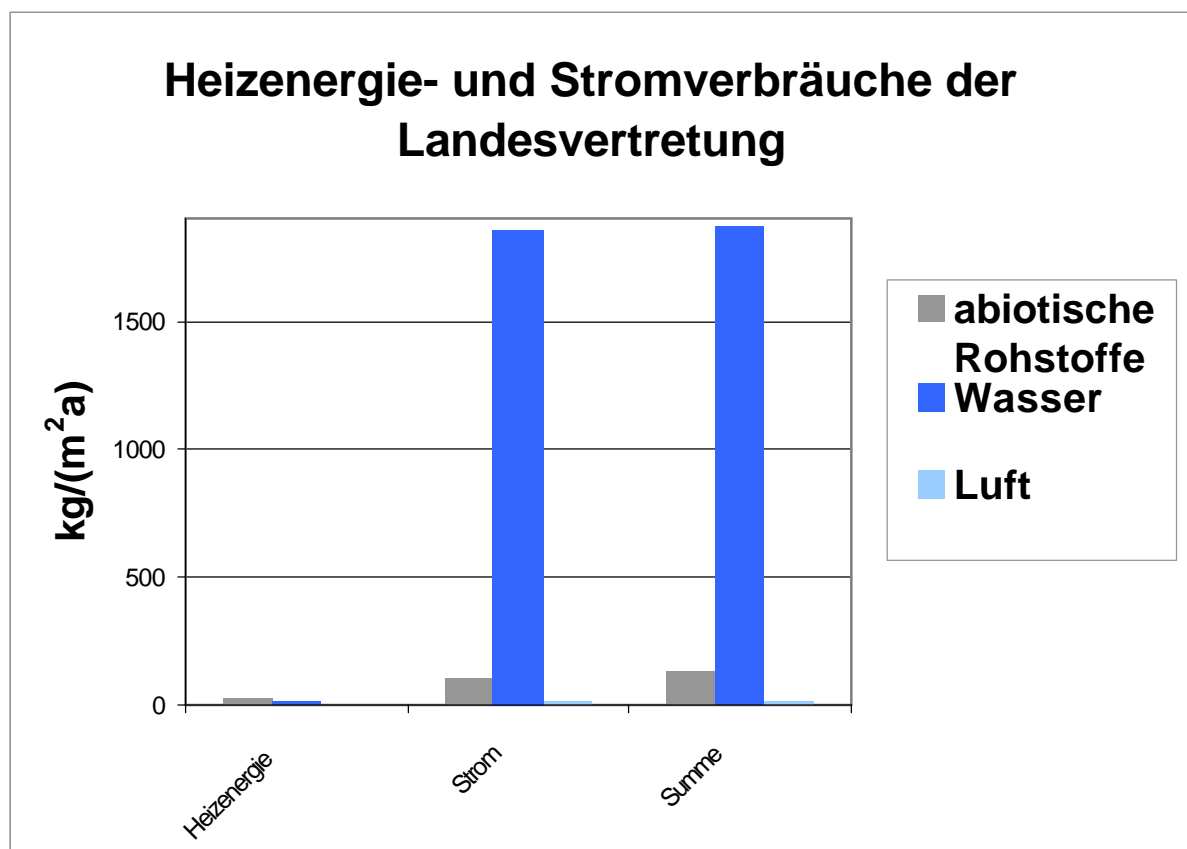


Abbildung 18: Heizenergie- und Stromverbrauch der Landesvertretung

Wenn man wie in Abbildung 18 nur den Heizenergie- und Stromverbrauch der Landesvertretung NRW betrachtet, wird deutlich, dass der Stromverbrauch den hauptsächlichen Teil des Ressourcenverbrauches während der Nutzungsphase eines Verwaltungsgebäudes mit sich bringt.

Für die Heizenergieversorgung der Landesvertretung steht sowohl Fernwärme als auch Erdgas zur Verfügung. Der Fernwärmeanschluss ist nur für den Wartungs- bzw. Störfall eingerichtet worden. Generell nutzt die Landesvertretung nur Erdgas – aktuell für die Mikrogasturbine – in Zukunft für die Brennstoffzelle. In der Analyse wurde sowohl eine Fernwärme- als auch eine Erdgas-Variante betrachtet (siehe Anhang Seite 7 ff.). In Abbildung 18 wurde die Erdgas-Variante gewählt, da sie die hauptsächliche Energieversorgung der Landesvertretung wiedergibt.

Der Unterschied des durch die Fernwärme bzw. das Erdgas verursachten Ressourcenverbrauchs ist marginal und hat keine Auswirkung auf die Aussage, dass der Stromverbrauch für die Nutzungsphase eines Verwaltungsgebäudes ausschlaggebend ist. Um eine energieeffizientere und ressourcenschonendere Versorgung zu erreichen, muss also das Hauptaugenmerk auf effizientere elektrische Geräte und eine alternative, ressourceneffizientere Stromversorgung gelegt werden. In wie weit dieses Ziel durch den Einsatz einer Mikrogasturbine und einer Brennstoffzelle zu erreichen ist, werden die realen Verbrauchszahlen für den Betrieb der Landesvertretung NRW in Berlin in den nächsten Jahren zeigen müssen.

Nachfolgend wird erläutert, wie sich die Wahl des Stromerzeugungssystems (Energieträger und Technologie) auf den Ressourcenverbrauch sowohl der Betriebsphase eines Gebäudes als auch auf die Herstellungsenergie bei der Baustoffproduktion auswirkt. Die Abbildung 19 zeigt die Materialintensität für unterschiedliche Stromerzeugungssysteme nach dem MIPS-Konzept. Auch wenn die Daten mittlerweile fünf bis sieben Jahre alt sind, zeigen sie dennoch deutlich signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren auf. Ohne an dieser Stelle auf die Details einzugehen, kann, auch wenn weitere technologische Fortentwicklungen unterstellt werden, gesagt werden, dass die Kohlekraftwerke einen hohen Verbrauch abiotischer Materialien und Wasser (hier insbesondere Kühlwasser) mit sich bringen. Das Schwerölkraftwerk schneidet in diesen Kategorien etwas günstiger ab als das Kraftwerk mit heimischer Steinkohle, weist aber in der Kategorie Luft (korreliert annähernd mit den CO₂-Emissionen) den höheren Materialinput auf. Die Laufwasser-, Gas- und Dampf-Kraftwerke stehen dagegen in allen Kategorien günstiger da. Noch günstiger schneiden die untersuchten Windkraftanlagen ab, die aber auch kein generelles Leistungsangebot garantieren, wie es zumeist die anderen Kraftwerke können.

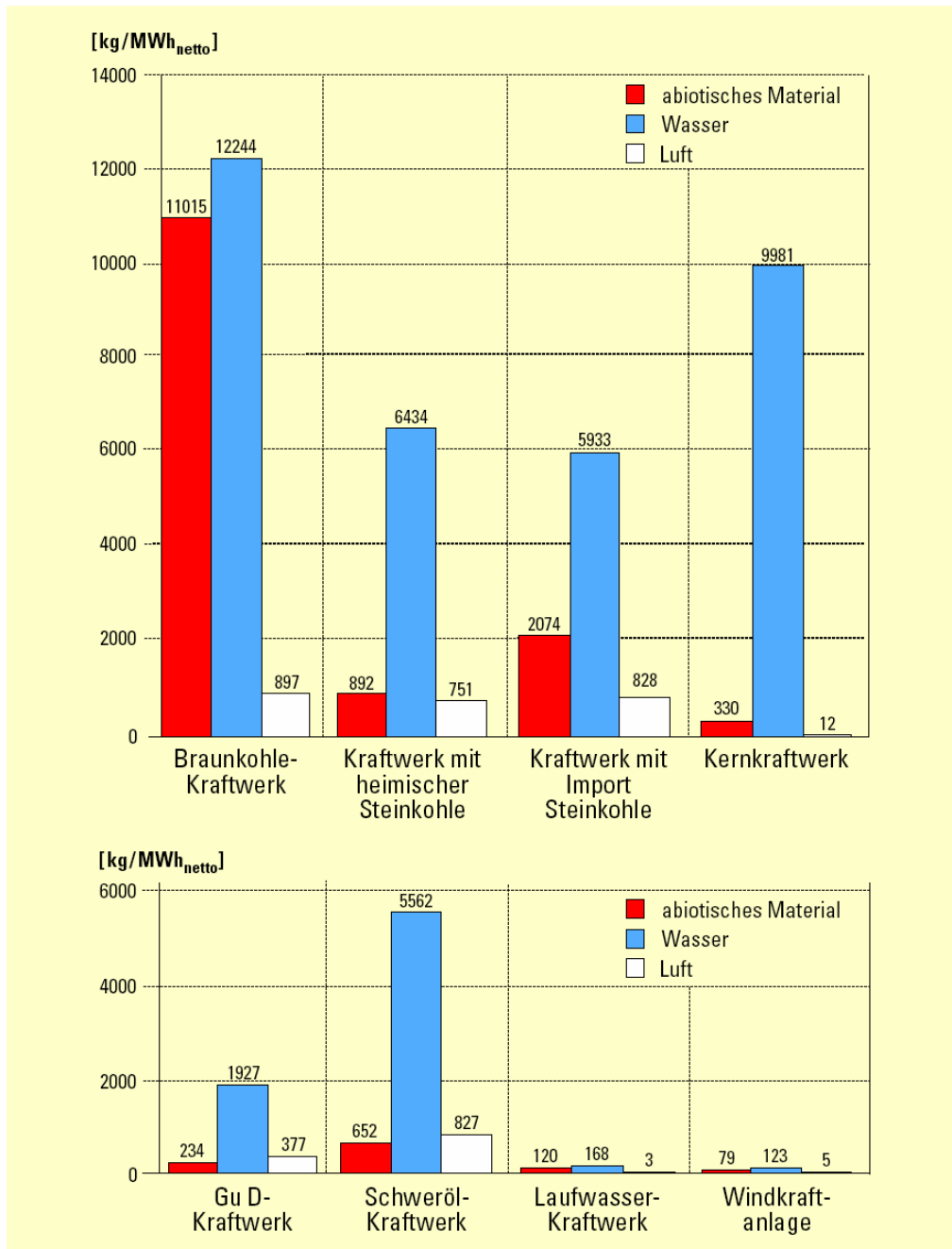


Abbildung 19: Materialintensität einzelner Stromerzeugungssysteme bezogen auf eine MWh Nettostrom ab Kraftwerk (Mannstein 1996)

Gewonnene Erkenntnisse und Möglichkeiten **zur Steigerung der Ressourceneffizienz am Bau** **(Zwischenfazit Lebenszyklus)**

- Die Lebens- und damit die Nutzungsdauer von Verwaltungsgebäuden sollte verlängert werden (Modelle zur Umnutzung von Verwaltungsgebäuden, Weiter- und Wiederverwendung von Bauteilen, etc.).
- Je länger die Nutzungsdauer des Verwaltungsgebäudes ist, desto weniger fällt der Ressourcenverbrauch für die Gebäudeerstellung ins Gewicht. Die Energieverbräuche für den Betrieb gewinnen hingegen an Relevanz.
- Der Stromverbrauch ist hauptsächlich für den Ressourcenverbrauch während der Nutzungsphase eines Verwaltungsgebäudes verantwortlich (Modelle für eine alternative, ressourceneffiziente Stromversorgung, Einsatz energieeffizienter elektrischer Geräte)
- Für den Wohnungsbau spielt die Gebäudeerstellung auch bei einer Nutzungsphase von 80 und mehr Jahren eine hohe Bedeutung für den lebenszyklusweiten Ressourcenverbrauch, da die Energieverbräuche für Heizung und Strom wesentlich geringer ausfallen als für den Verwaltungsbau.

6.1.1 Baukörper

In diesem Kapitel wird nun im Detail auf die Ressourcenverbräuche zur Erstellung des Baukörpers – also der Kostengruppe 300 – eingegangen. Die Kostengruppe 300 zeigt sich als die ressourcenintensivste Kostengruppe. In der folgenden Abbildung wird der Ressourcenverbrauch zur Erstellung des Baukörpers dargestellt, und zwar aufgeschlüsselt in die Unterkostengruppen:

- 310 – Baugrube,
- 320 – Gründung,
- 330 – Außenwände,
- 340 – Innenwände,
- 350 – Decken und
- 360 – Dächer.

Für jede Unterkostengruppe ist der Ressourcenverbrauch in den MI-Kategorien abiotische Rohstoffe, biotische Rohstoffe, Wasser und Luft aufgeschlüsselt.

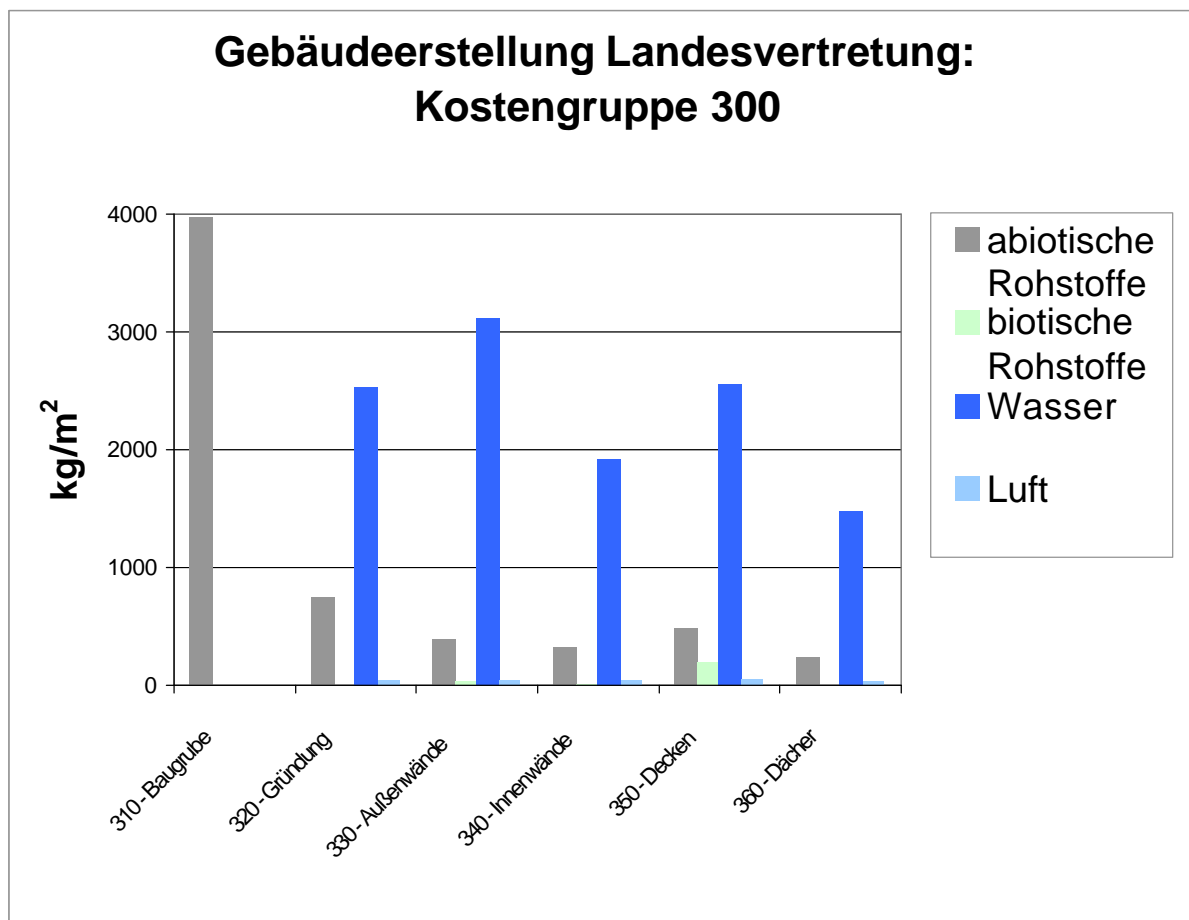


Abbildung 20: Ressourcenverbrauch nach Unterkostengruppen für die Erstellung des Baukörpers

Insgesamt zeigt sich in der Abbildung 20 ein sehr unterschiedliches Bild für die Unterkostengruppen innerhalb der Kostengruppe 300. Die Werte variieren zwischen einem abiotischen Materialverbrauch von knapp 4.000 kg/m² für die Baugrube und 245 kg/m² für

die Dächer und sind hinsichtlich der Kategorien sehr unterschiedlich. Diese Unterschiede werden im folgenden Abschnitt erläutert.

Die Baugrube fällt mit einem abiotischen Materialinput von fast 4.000 kg/m^2 Nutzfläche am meisten ins Gewicht. Dies ist durch den Bodenaushub mit knapp 3.500 kg/m^2 zu begründen, da die Landesvertretung unterkellert ist. Die restlichen 500 kg/m^2 werden durch das benötigte Auffüllmaterial verursacht. Hier gibt es die Möglichkeit, Teile des Bodenaushubs aufzubereiten und als Auffüllmaterial zu verwenden, um ein zusätzliches Material- und Transportaufkommen zu verhindern.

Die Baugrube wird gefolgt von der Gründung mit einem abiotischen Verbrauch von ca. 750 kg/m^2 , einem Wasserverbrauch von ca. 2.500 kg/m^2 und einem Luftverbrauch von 46 kg/m^2 . Die aufgrund der ungünstigen Grundwassersituation in Berlin notwendige, sehr stark ausgebildete Bodenplatte trägt hier einen Anteil von 64 %. Bezogen auf die Kostengruppe 300 macht die Bodenplatte immer noch 8,5 % des TMR aus.

Die Decken sind mit einem abiotischen Materialinput von ca. 500 kg/m^2 , einem biotischen von ca. 200 kg/m^2 , einem Wasserverbrauch von ca. 2.500 kg/m^2 und einem Luftverbrauch von 64 kg/m^2 ebenfalls sehr materialintensiv. Diese Materialverbräuche setzen sich zusammen aus den Aufwendungen für die Stahlbetondecken (hauptsächlich für die beiden Treppenhaustürme), aus den Hohlkörperdecken (hauptsächlich Holz) und den Stahlbauarbeiten. Dabei haben die Stahlbetondecken mit 279 kg/m^2 den größten Anteil am TMR, die Stahlbauarbeiten hingegen den größten Anteil am Wasserverbrauch. Die Hohlkörperdecken bestimmen den biotischen Verbrauch.

Die Decken werden gefolgt von den Außenwänden mit einem abiotischen Materialinput von 390 kg/m^2 , einem biotischen von 30 kg/m^2 , einem Wasserverbrauch von gut 3.000 kg/m^2 und einem Luftverbrauch von 46 kg/m^2 . Der abiotische Verbrauch setzt sich hauptsächlich aus der Sekundärfassade – bestehend aus Stahl, Aluminium und Glas – und aus den Außenstützen – bestehend aus Beton und Stahl – zusammen. Der biotische Verbrauch der Außenwände wird ausschließlich durch die Parabelkonstruktion verursacht. Der vergleichsweise hohe Wasserverbrauch erklärt sich durch den Einsatz von Aluminium in der Sekundärfassade und für die Aluminiumkaschierung des Sonnenschutzes und der Verdunklung des Mehrzwecksaals. Für die Herstellung von Aluminium wird eine große Menge elektrischer Energie benötigt. Dies führt, abhängig von dem gewählten Energieträger, in den meisten Fällen zu einem hohen Wasserverbrauch (siehe Abbildung 19). In den hier zugrunde liegenden Berechnungen wurde ein OECD-Strommix verwendet.

Die Innenwände sind mit einem abiotischen Materialinput von ca. 330 kg/m^2 , einem biotischen von 10 kg/m^2 , einem Wasserverbrauch von ca. 2.000 kg/m^2 und einem Luftverbrauch von 38 kg/m^2 weniger materialintensiv als die Außenwände. Hier sind die Stahlbauarbeiten und die Innenstützen (Stahlbeton) ausschlaggebend. Der biotische Verbrauch resultiert aus der Holzrahmenkonstruktion der Primärfassade. Das nichttragende Mauerwerk aus Kalksandstein und Porenbeton hat nur einen geringen Anteil an den Materialinputs.

Die Dächer sind mit einem abiotischen Materialinput von 245 kg/m^2 , einem Wasserverbrauch von ca. 1.500 kg/m^2 und einem Luftverbrauch von 32 kg/m^2 am wenigsten ressourcenintensiv. Dieser Materialinput wird zu einem großen Teil durch den Stahlbeton und die Stahlbauarbeiten für die Dachdecken verursacht. Weiterhin wirken sich die

Glasdachkonstruktionen – hauptsächlich bestehend aus Stahl, Aluminium und Glas – wesentlich auf den Materialverbrauch aus. Das Gründach ist im Vergleich zu den Glasdachkonstruktionen weniger materialintensiv und weist vor allem einen wesentlichen geringeren Wasserverbrauch auf. Das liegt daran, dass für den Aufbau des Gründachs kein Aluminium benötigt wird, für die Glasdächer hingegen Aluminiumprofile für die Aufnahme des Glases eingesetzt werden.

Gewonnene Erkenntnisse und Möglichkeiten **zur Steigerung der Ressourceneffizienz am Bau** **(Zwischenfazit Baukörper)**

- Bei der Erstellung der Baugrube sollten soweit möglich Teile des Bodenaushubs aufbereitet und als Auffüllmaterial verwendet werden, um einen zusätzlichen Ressourcenverbrauch zu vermeiden. Auf einen Keller sollte möglichst verzichtet werden. Etwaige Funktionsräume sind in das Gebäude zu integrieren.
- Das Baugrundstück sollte wenn möglich so ausgewählt werden, dass keine aufwendige Gründung notwendig ist (in Berlin wegen der ungünstigen Grundwassersituation problematisch)
- Leichtbaukonzepte sind klassischen Massivbau- bzw. Stahlbeton-Konzepten vorzuziehen, da die Stahlbetondecken (Treppenhaustürme) sehr ressourcenintensiv ausfallen (Brandschutzproblematik muss diskutiert werden).

6.1.2 Haustechnik

Die Kostengruppe 400 ist im Vergleich zur Kostengruppe 300 weniger ressourcenintensiv. Im Folgenden soll wie für den Baukörper nun der Ressourcenverbrauch zur Erstellung der Haustechnik dargestellt werden, und zwar auch hier aufgeschlüsselt in die Unterkostengruppen:

- 410 – Abwasser/Wasser,
- 420 – Wärmeversorgung,
- 430 – Luft/Kälte,
- 440 – Elektroinstallationen und
- 480 – Gebäudetechnik.

Für jede Unterkostengruppe ist der Ressourcenverbrauch in den MI-Kategorien abiotische Rohstoffe, Wasser und Luft aufgeschlüsselt. Die Kategorie biotische Rohstoffe entfällt an dieser Stelle, da vermutlich keine biotischen Materialien in der Haustechnik eingesetzt werden bzw. diese zu vernachlässigen sind.

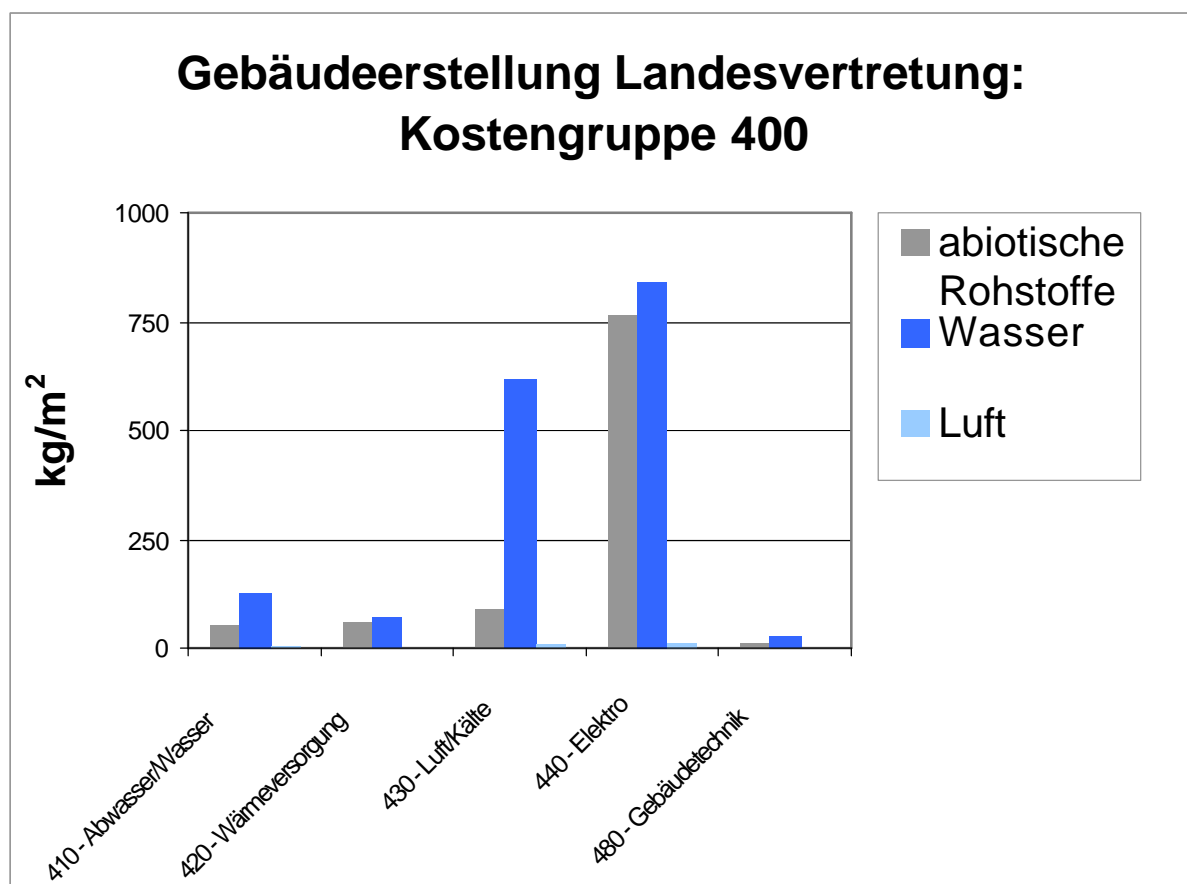


Abbildung 21: Ressourcenverbrauch nach Unterkostengruppen für die Haustechnik

Auch in der Kostengruppe 400 zeigt sich für die Unterkostengruppen ein sehr heterogenes Bild. Hier variieren die Werte für den abiotischen Materialverbrauch zwischen gut 750 kg/m^2 in der Kostengruppe 440 und unter 50 kg/m^2 in der Kostengruppe 480. Bezogen auf die

Kategorien zeigt sich innerhalb der Kostengruppe 400 eher ein einheitliches Bild als in der Kostengruppe 300.

Die Kostengruppe 440, also die Elektroinstallation, fällt mit einem abiotischen Materialverbrauch von 765 kg/m^2 , einem Wasserverbrauch von ca. 850 kg/m^2 und einem Luftverbrauch von 13 kg/m^2 innerhalb der Kostengruppe 400 am meisten ins Gewicht. Die Elektroinstallationen werden hauptsächlich durch die Kabel bestimmt. In der Landesvertretung sind über 140 km Kabel verbaut worden. Der hohe Ressourcenverbrauch der Kabel wird durch das eingesetzte Kupfer verursacht. Die Materialien für die Ummantelungen der Kabel (PE und PVC) machen bezogen auf den abiotischen Materialinput nur gut 3 % aus.

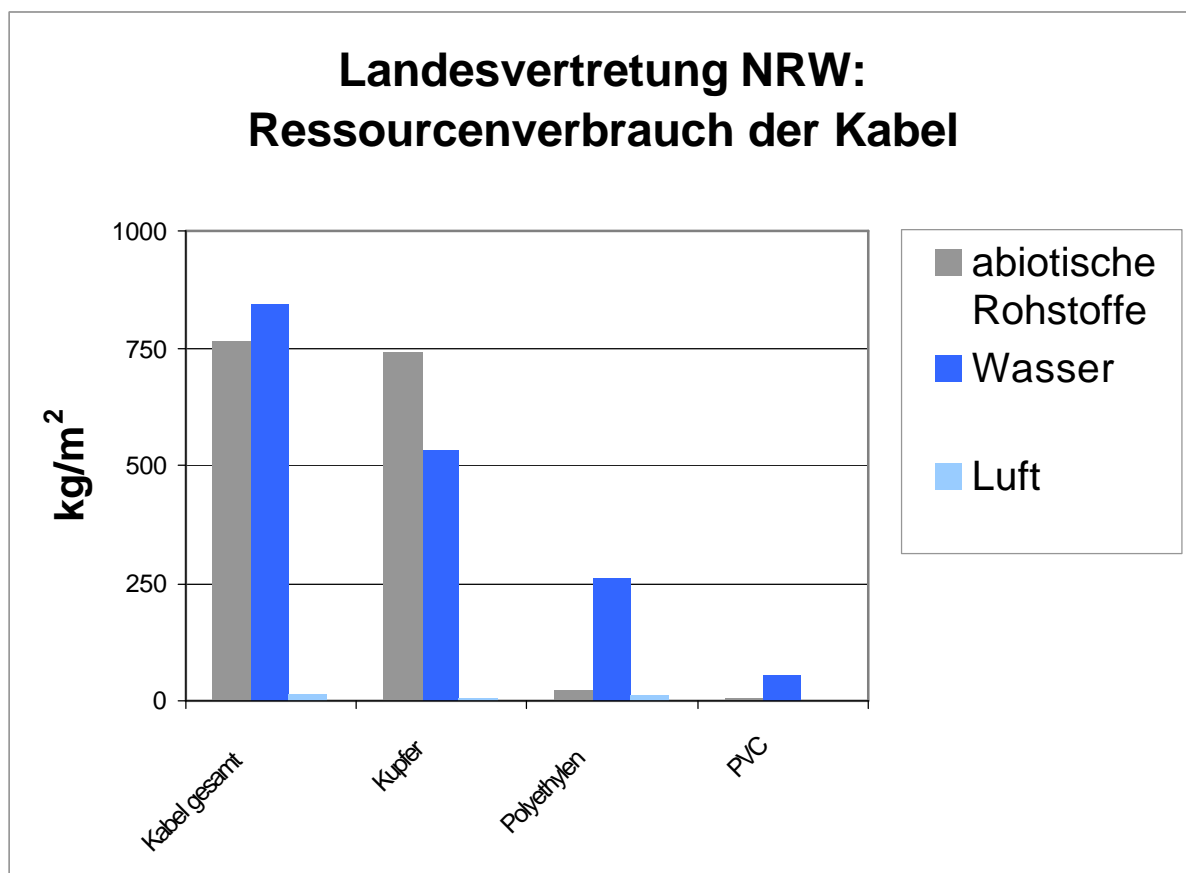


Abbildung 22: Ressourcenverbrauch der in der Landesvertretung verbauten Kabel

Die Kostengruppe 440 wird gefolgt von der Kostengruppe 430, der Luft- und Kältetechnik, mit einem abiotischen Materialverbrauch von ca. 90 kg/m^2 , einem Wasserverbrauch von ca. 620 kg/m^2 und einem Luftverbrauch von 11 kg/m^2 . Die Rohrleitungen für die Kältetechnik haben hierbei mit 53 kg/m^2 den größten Anteil am abiotischen Materialverbrauch. Dies erklärt sich durch den Einsatz von Stahl und vor allem durch den massenmäßig wesentlich geringeren Einsatz des ressourcenintensiven Kupfers. Weiterhin haben die Luftkanäle und deren Ummantelungen mit 17 kg/m^2 bzw. 13 kg/m^2 einen Einfluss auf den abiotischen Materialverbrauch der Kostengruppe 430. Die Luftkanäle bestehen hauptsächlich aus Stahl,

die Ummantelungen aus Aluminium. Die Dämmung der Rohrleitungen und der Kanäle hat nur geringe Auswirkungen auf den Materialinput der Luft- und Kältetechnik.

Die Kostengruppe 410, Abwasser- und Wassertechnik, und 420, Wärmeversorgungstechnik, liegen mit 56 kg/m^2 bzw. 58 kg/m^2 abiotischem Materialverbrauch eng beieinander. In beiden Kostengruppen sind die Versorgungs-Rohrleitungen ausschlaggebend für den Materialinput. Die Rohrleitungen sowohl für die Wasserversorgung als auch für die Wärmeversorgung bestehen hauptsächlich aus Kupfer. Die Abwasserrohre bestehen primär aus Gusseisen, teilweise aus PE und sind vergleichsweise wenig ressourcenintensiv.

Die Kostengruppe 480, Gebäudetechnik, hat nur einen geringen Einfluss auf den gesamten Ressourcenverbrauch der Haustechnik. Der Materialinput für die Gebäudetechnik wird hauptsächlich durch die Kabel bestimmt.

Gewonnene Erkenntnisse und Möglichkeiten **zur Steigerung der Ressourceneffizienz am Bau** **(Zwischenfazit Haustechnik)**

- Die Elektroinstallationen sind besonders ressourcenintensiv. Dies wird durch den Kupferanteil verursacht. Kabellängen sollten durch sinnvolle Verlegung optimiert werden. Alternativ-Werkstoffe bzw. -Konzepte zur Ersetzung des Kupfers sollten angedacht werden.
- Sowohl Wasserversorgungs- als auch Wärmeversorgungsrohre werden meist in Kupfer ausgeführt. Auch hier sollte über die Verwendung alternativer Werkstoffe nachgedacht werden (wie z.B. Stahl oder spezielle Kunststoffe).

6.2 Die Landesvertretung NRW im Vergleich zu ausgewählten Referenzgebäuden

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die Landesvertretung vier weiteren Verwaltungsgebäuden gegenübergestellt, die im Rahmen einer an der Fachhochschule Lippe in Detmold und am Wuppertal Institut verfassten Diplomarbeit mit dem Titel „Wie viel Umwelt wiegt ein Bürogebäude?“ (Hein und Saulich 2001) nach dem MIPS-Konzept betrachtet worden sind. Die vier Vergleichsgebäude sind in Kapitel 5.5 kurz beschrieben.

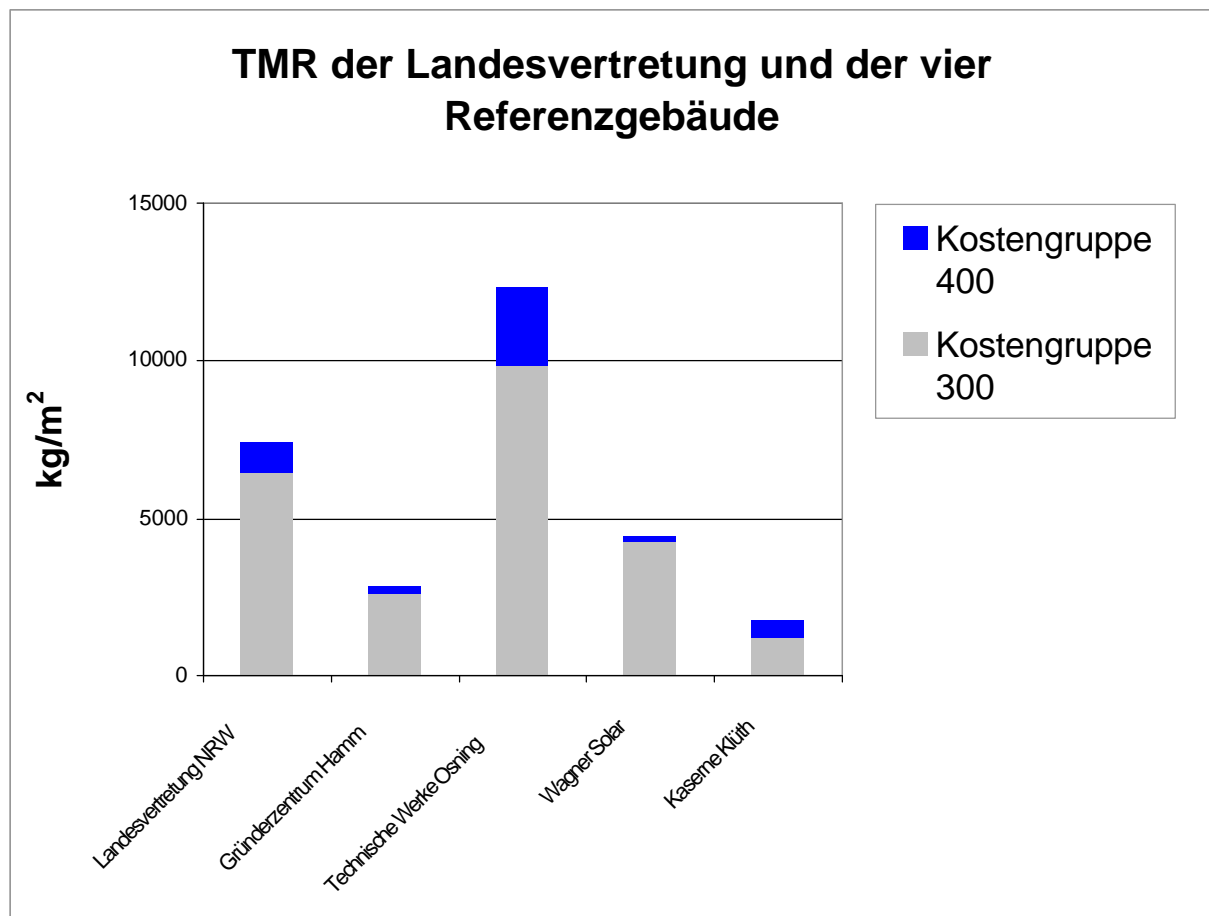


Abbildung 23-1: TMR für die Erstellung der Landesvertretung und der Referenzgebäude

Abbildung 23-1 stellt den TMR für die Erstellung der Verwaltungsgebäude dar, zeigt also die Kostengruppe 300 und 400. Der TMR bezieht sich auf einen Quadratmeter Nutzfläche. Es ist auffällig, dass die TMR-Werte für die fünf Gebäude sehr unterschiedlich ausfallen. Für die Landesvertretung, die Kaserne Klütth und die Technischen Werke Osning lagen sehr detaillierte Daten und Informationen für den Baukörper und die Haustechnik vor. Für das Gründerzentrum Hamm und für Wagner Solar war die Datenlagen weniger umfangreich, so dass einige Positionen nicht berücksichtigt werden konnten.

Das Gründerzentrum Hamm weist einen relativ niedrigen TMR für die Kostengruppe 300 auf. Dies ist unter anderem auf den vergleichsweise kleinen Keller, aufgrund der minimierten

Grundfläche des Bürogebäudes, zurückzuführen. Ein kleiner Keller führt dazu, dass die Kostengruppe 310 - Baugrube - nicht so drastisch ins Gewicht fällt wie z.B. bei der Landesvertretung NRW. Es macht also durchaus Sinn, über die Notwendigkeit von Unterkellerungen bzw. Vollunterkellerung nachzudenken und Alternativen durchzuspielen.

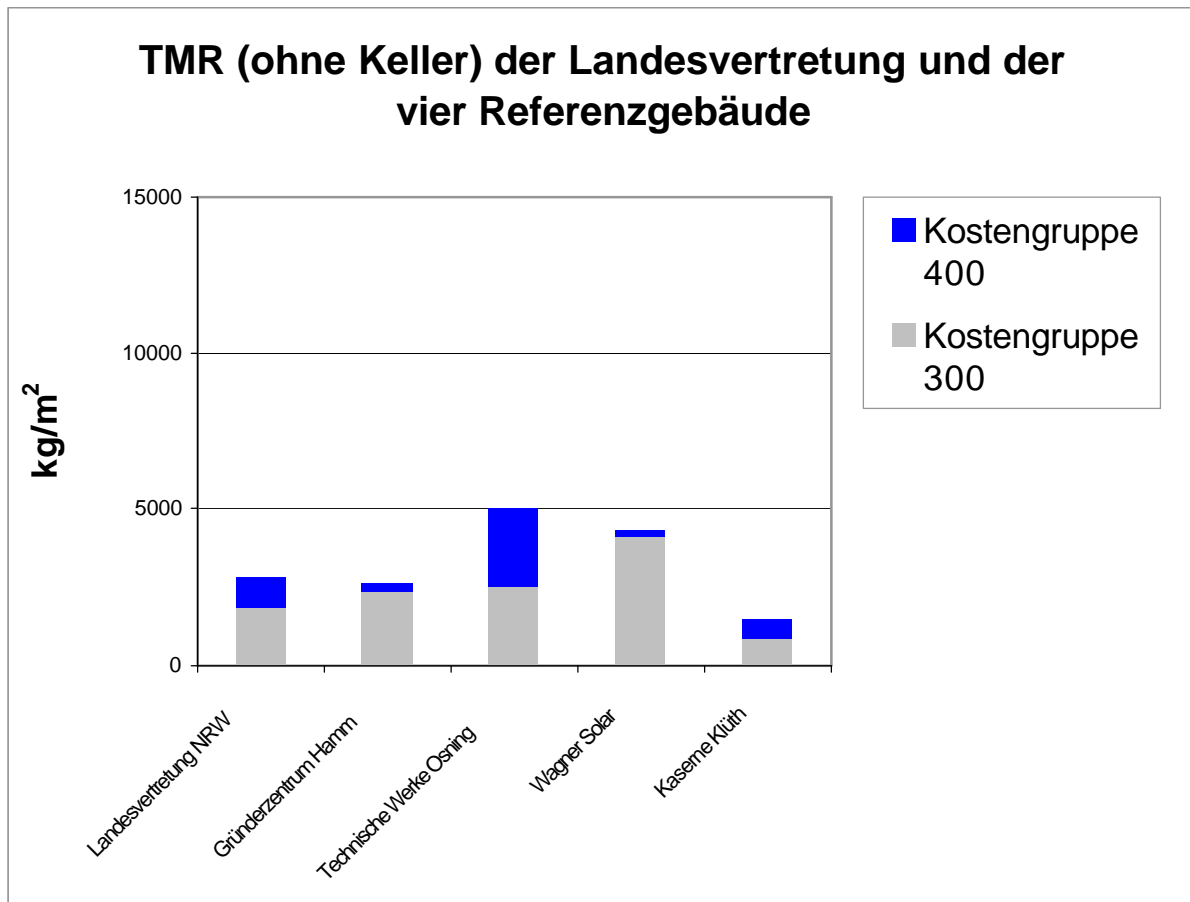


Abbildung 23-2: TMR (ohne Keller) für die Erstellung der Landesvertretung und der Referenzgebäude

Aufgrund der oben genannten Aspekte und der schwierigen Grundwassersituation der Landesvertretung NRW in Berlin wurde alle Gebäude wie in Abbildung 23-2 dargestellt auch ohne Keller wiedergegeben. Es wurden folgende Punkte innerhalb der Betrachtung verändert:

- Bei allen Gebäuden wurde Kostengruppe 310 (Baugrube) weggelassen.
- Bei der LV wurde zusätzlich die Kostengruppe 320 (Gründung) durch den Einsatz einer anderen Bodenplatte verändert (60 cm – Bodenplatte wurde durch eine Standard-15 cm-Bodenplatte ersetzt).
- Die Kostengruppe 320 der Referenzgebäude ist unverändert geblieben, da dort sowieso Standard-Bodenplatten zum Einsatz gekommen sind.

Deutlich wird, dass bei dieser Betrachtung die Landesvertretung besser abschneidet als bei der Betrachtung mit Keller. Könnte man also einen Schnitt zwischen Oberirdisch und Unterirdisch machen, zeigt sich die Landesvertretung als eine ressourcenschonende Variante.

Das zweischalige Mauerwerk, welches teilweise aus Ziegeln (teils Recyclingziegel) und teilweise aus Kalksandstein mit Mineralwollgedämmung besteht, macht deutlich, dass Ziegel merklich ressourcenintensiver als Kalksandstein sind. Die als Holzbetondecken ausgeführten Geschossdecken haben einen hohen Anteil am TMR der Kostengruppe 300. Dies ist allerdings nicht auf den Einsatz ressourcenintensiver Baustoffe zurückzuführen, sondern auf die für das viergeschossige Gebäude notwendigen Baustoffmassen für die Geschossdecken. Im Vergleich zu Stahlbetondecken schneiden die Holzbetondecken wesentlich weniger materialintensiv ab (siehe Tabelle 23).

MI-Kategorien	Stahlbetondecke	Holzbetondecke
Abiotische Rohstoffe	1.420	220
Biotische Rohstoffe		190
TMR	1.420	410
Wasser	4.700	830
Luft	80	10

Tabelle 23: Gegenüberstellung der Ressourcenverbräuche von Geschossdecken aus Stahlbeton bzw. Holzbeton (Hein und Saulich 2001, 96 ff.)

Auch bei dem Gebäude des Gründerzentrums zeigt sich das extensive Gründach als vergleichsweise wenig ressourcenintensiv. Die Kostengruppe 400 fällt beim Gründerzentrum nicht sehr ins Gewicht. Hauptsächlich sind es hier auch wieder die Kabel, die ausschlaggebend sind. Die geringe Bedeutung der Kostengruppe 400 lässt sich durch die eher unvollständige Datenlage, gerade für die Haustechnik des Gründerzentrums, erklären.

Die Technischen Werke Osning weisen sowohl in der Kostengruppe 300 als auch in der Kostengruppe 400 die höchsten TMR-Werte auf. Der hohe TMR der Technischen Werke Osning für die Kostengruppen 300 lässt sich dadurch erklären, dass dieses Bürogebäude aufgrund seiner flach gewählten Form keine optimierte Grundfläche hat und dazu noch voll unterkellert ist, was zu einer enormen Masse an Bodenaushub führt. Außerdem sind sowohl die Tragkonstruktion als auch ein Großteil der Wände in Stahlbeton ausgeführt. Der extrem hohe Wert für die Erstellung der Haustechnik bei den Technischen Werken Osning resultiert daraus, dass in diesem Gebäude aufgrund eines aufwendigen Haustechnik-Konzeptes (siehe Kapitel 5.5) sehr viele Kabel (Kupfer und PVC), größere Mengen V2A-Stahl und Aluminium verbaut wurden. Das sind alles ressourcenintensive Materialien, über deren Ersatz durch Alternativ-Materialien nachgedacht werden sollte, die (zumindest) den gleichen Nutzen bieten. Für die Kostengruppe 410 - Abwasser- und Wasseranlagen - fällt ein vergleichsweise hoher TMR-Wert auf, der hauptsächlich dadurch resultiert, dass das Gros der Fall- und Sammelleitungen in Kupfer ausgeführt sind. Hier sollte unbedingt ein alternativer, weniger ressourcenintensiver Werkstoff für die Leitungen eingesetzt werden – wie z.B. Stahl oder bestimmte Kunststoffe.

Das Wagner Solar-Gebäude schneidet wesentlich besser ab als das Gebäude der technischen Werke Osning. Dies ist unter anderem darin begründet, dass das Gebäude nicht unterkellert ist, so dass die Kostengruppe 310 nicht besonders ins Gewicht fällt. Dafür ist aber der TMR der Kostengruppe 320 – Gründung – relativ hoch, da zur Erreichung des Passivhausstandards

eine aufwendige Bodenplatte mit einer Stärke von 50 cm und einer ressourcenintensiven Schaumglasdämmung eingesetzt wurde. Hier könnte über eine alternative Dämmung nachgedacht werden, um den Materialinput der Bodenplatte zu minimieren. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Tatsache, dass nur die Tragkonstruktion des Verwaltungsgebäudes aus Stahlbeton besteht. Die Außenwände hingegen sind als Holzleichtbaukonstruktion mit Zellulosedämmung und Holzfenstern mit Isolierverglasung ausgeführt. Bei dieser Art der Außenwandkonstruktion haben die Holzfenster mit Dreifachverglasung den größten Anteil am Ressourcenverbrauch zu verantworten. Aufgrund des Passivhausstandards und der damit verbundenen Nutzung von Sonnenenergie fallen die Fensterflächen entsprechend groß aus. Eventuell liegen hier noch Optimierungspotenziale in der Minimierung der Fensterflächen bei nach wie vor effektiver Sonnenenergienutzung. Die Datenlage für die Kostengruppe 400 beschränkte sich auf einige Angaben zu den verbauten Kabelmassen. Dabei wurden allerdings bei weitem nicht alle Kabel erfasst. Diese Tatsache erklärt den auffallend niedrigen TMR-Wert für die Erstellung der Haustechnik.

Die Kaserne Klüt schneidet mit Abstand am Besten ab, da sie als Sanierung eines Altbaus wenige Ressourcen für die Erstellung des Baukörpers, also für die Kostengruppe 300, verbraucht. Der Ressourcenverbrauch der Kostengruppe 400 wird auch bei dieser Sanierung hauptsächlich durch die Kabel bestimmt. Dass die Kaserne Klüt bezogen auf die Haustechnik schlechter abschneidet als das Wagner Solar Gebäude und das Gründerzentrum Hamm, liegt an der größeren Detailtiefe der zur Verfügung gestellten Daten.

In den Abbildungen 24 und 25 sind die Referenzgebäude noch mal gegenübergestellt, und zwar für eine Nutzungsphase von 20 Jahren und von 80 Jahren. Die 20 Jahre werden als Normalsituation für den heutigen Verwaltungsbau angenommen und die 80 Jahre stellen eine extrem von dieser Situation abweichende Situation dar, die sich aber eventuell in den kommenden Jahren zur Normalsituation entwickeln könnte oder sollte. Die Abbildungen zeigen, dass sich die bei einer Nutzungsphase von 20 Jahren großen Unterschiede zwischen den Referenzgebäuden bei einer langen Nutzungsdauer immer mehr relativieren. Die Landesvertretung NRW schneidet sogar nach einer Nutzungsphase von 80 Jahren besser ab als das Gründerzentrum Hamm, bei einer Nutzungsphase von 20 Jahren ist dieses Verhältnis noch umgekehrt.

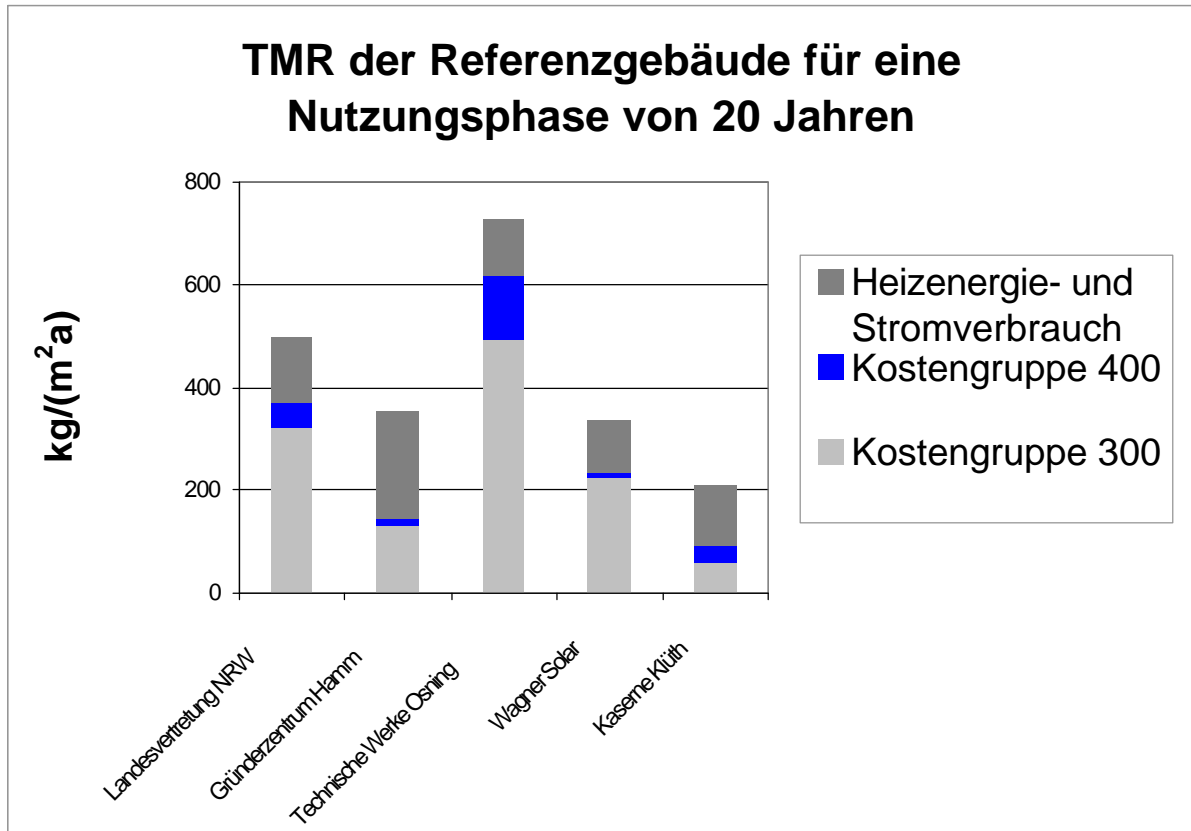


Abbildung 24: TMR der Referenzgebäude für eine Nutzungsphase von 20 Jahren

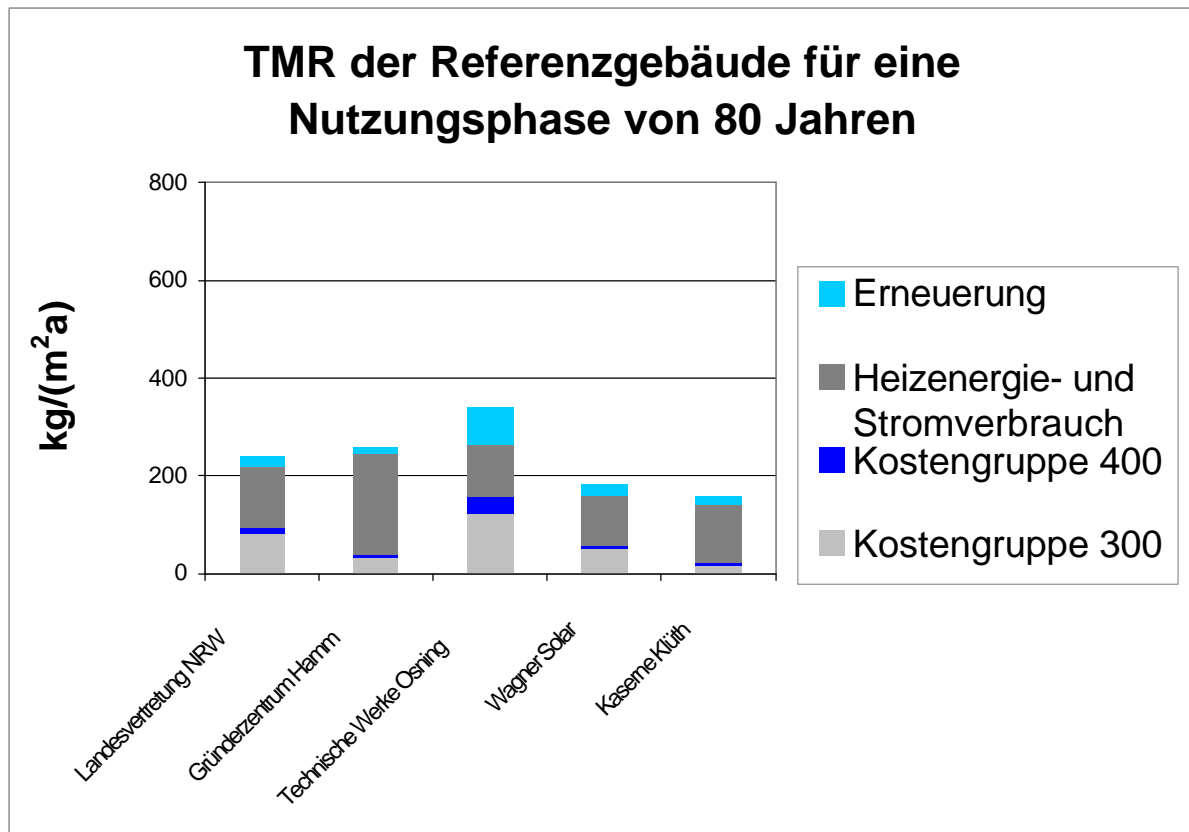


Abbildung 25: TMR der Referenzgebäude für eine Nutzungsphase von 80 Jahren

Gewonnene Erkenntnisse und Möglichkeiten
zur Steigerung der Ressourceneffizienz am Bau
(Zwischenfazit Referenzgebäude)

- Minimierte Grundflächen führen zu vergleichsweise kleinen Kellern und somit zur Schonung von Ressourcen im Bereich der Baugrube. Über die Notwendigkeit einer Vollunterkellerung sollte darüber hinaus immer nachdacht werden.
- Bei der Betrachtung der Referenzgebäude für eine Nutzungsphase von 20 und von 80 Jahren fällt auf, dass sich die Relationen zwischen den Gebäuden verschieben. Die Landesvertretung NRW schneidet z.B. nach 80 Jahren besser ab als das Gründerzentrum Hamm, obwohl der Materialaufwand für die Gebäudeerstellung wesentlich höher lag, die Energieverbräuche während der Nutzungsphase sind aber geringer.

7. Fazit

Das Land erfüllt mit eigenen Bauvorhaben und insbesondere mit dem eigenen Gebäudebestand automatisch eine Vorbildfunktion für öffentliche und nicht öffentliche Bau- bzw. Sanierungsvorhaben. Neben dem Land gibt es jedoch noch weitere Träger öffentlicher Bauvorhaben. Hierbei handelt es sich insbesondere um Kommunen, aber auch um den Bund (der zum Teil gemeinsam mit dem Land Gebäude plant und errichtet) und um Investoren, die anschließend an Gebietskörperschaften und öffentliche Einrichtungen vermieten. Grundsätzlich sind alle Träger öffentlicher Bauvorhaben für das Vorantreiben von umwelt- und ressourcenschonenden Konzepten verantwortlich (BMVBW 2001)¹² Gerade die öffentlichen Bauvorhaben können dazu genutzt werden, marktnahe und dennoch marktunabhängige Ansätze zu forcieren, die Innovationen anstoßen und so auch einzelnen Branchen im internationalen Wettbewerb mittel- bis langfristig zu Vorteilen zu verhelfen.

Zentrale Gründe dafür, dass häufig ökologisch und ökonomisch ineffiziente Vorhaben realisiert werden, sind u.a. im öffentlichen Bereich des Haushaltsrechts (bei Kommunen insbesondere die Trennung von Verwaltungs- und Vermögenshaushalt) und der allenorten strapazierten Haushaltslage zu identifizieren. Dies führt häufig dazu, dass notwendige Investitionen unterbleiben bzw. sinnvolle technische Maßnahmen, die über das Übliche hinausgehen, gestrichen werden, selbst wenn sie sich mittelfristig als wirtschaftlich erweisen würden. Diesem Auslassen von sog. win-win-opportunities wird in NRW seit geraumer Zeit aktiv entgegen gesteuert, u.a. mit der Gründung des Bau- und Liegenschaftsbetriebes des Landes Nordrhein Westfalen (BLB NRW). Der BLB hat die Aufgabe, die ihm vom Land übertragenen Liegenschaften nach kaufmännischen Grundsätzen zu erwerben, zu bewirtschaften, zu entwickeln und zu verwerten. Durch dieses Eigentums- und Gebäudemanagement soll eine optimale Raumnutzung erzielt, win-win-opportunities erkannt und umgesetzt und somit der Landshaushalt entlastet werden.

Weitere Hemmnisse ressourcenschonenden Planens und Bauens sind vielfältige **Informations- und Qualifikationsmängel**¹³ (BRBS 1995, IEMB 2002). Sie werden zumeist bei allen Beteiligten sichtbar: bei Planenden, Entscheidungsträgern, Ausführenden (Handwerker) sowie Nutzerinnen und Nutzern (Hausmeister). Diese Mängel wirken sich auch bei Bauten aus, die von Bauträgern für öffentliche Einrichtungen gebaut und von Immobiliengesellschaften betrieben werden. In diesen Fällen treten zusätzlich Kommunikationsprobleme und das **Investor-Nutzer-Dilemma**¹⁴ auf. Der Investor betrachtet nur seine finanziellen Optimierungsmöglichkeiten, während der Nutzer mit den durch Einsparungen oder fehlende Planung verursachten Mängeln leben muss und dadurch bedingt häufig Mehrkosten zu tragen hat. In diesem Kontext sind auch die perspektivisch zu erwartenden Kostensteigerungen für die Deponierung von unbehandelten Abfällen aus Haushalt und Gewerbe – also auch von Bauabfällen - spätestens nach Ablauf der

¹² <http://www.bmvbw.de/Anlage8183/Leitfaden-Nachhaltiges-Bauen.pdf>

¹³ Auf rund 20 Milliarden Mark beziffern der Bauschadensbericht und einschlägige Marktanalysen die durch Baumängel entstandenen Schäden. Ursachen sind die immer kürzer werdenden Bauzeiten sowie das Bauen ohne echte Bauleitung und Bauüberwachung. In zunehmendem Maße werden die Bauten von Generalunternehmern und deren Subunternehmern oder komplett von Bauregiefirmen erstellt. Letztlich fehlt dabei die klassische Rolle des Architekten als Bauherrenvertreter, insbesondere für die Leistungsphase 8 der HOAI.

¹⁴ http://www.bund.net/lab/reddot2/pdf/kernforderungen_energie.pdf

Übergangsfrist am 01.06.2005 zu sehen (TASI/Abfallablagereverordnung, 2001). Auch hier trägt zumeist nicht der Bauträger die Kosten des Rückbaus. Käufer von Immobilien, egal ob Privatperson, Wohnungsbaugesellschaft oder Landesunternehmen, sollten dahingehend sensibilisiert werden. Modelle zur Umnutzung von Verwaltungsbauten sowie zur Weiter- und Wiederverwendung von Bauteilen werden also in Zukunft nicht nur ökologisch sondern auch ökonomisch interessant.

Des Weiteren sollte die **Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)** dahingehend geändert werden, dass sich die Planungsmehraufwendungen der Architekten für ökologische Verbesserungen wie Materialauswahl, Energieversorgung und Schaffung von Behaglichkeit in Zukunft separat ausweisen und abrechnen lassen. Im Moment existiert für den Architekten ausschließlich ein finanzieller Anreiz für die Konzipierung von z.B. Energieeinsparmöglichkeiten, wenn diese mit einem finanziellen Mehraufwand verbunden sind. Denn erst wenn die Baukosten steigen, kann der Architekt prozentual Planungsaufwendungen abrechnen.

Auch bei der Errichtung und Sanierung von Landesbauten sollte **mindestens der Niedrigenergiehaus-Standard** üblich werden. Durch das Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (ENEV) am 1. Februar 2001 wird dieses Ziel zwar forciert, die Verordnung führt allerdings nicht in jedem Fall zur Erreichung dieses Standards. Hierzu erscheint eine Änderung der Vorgaben für Landesbauten notwendig. Diese Vorgaben sollten auch für Bauten gelten, die gemeinsam von Bund und Land errichtet werden (z.B. Finanzämter). In die Vorgaben sollte zusätzlich der Bereich der Ausstattung mit Energieanlagen aufgenommen werden. So könnte beispielsweise die **Installation von helligkeits- und bewegungsabhängig gesteuerten Beleuchtungsanlagen** und/oder von **modernen Anlagen zur Gebäudeleittechnik** verpflichtend gemacht werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Pflicht zur Prüfung, ob die **Nutzung von Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung und erneuerbaren Energien** möglich ist. In beiden Fällen könnten Schwellenwerte für die zu erzielende Rentabilität vorgegeben werden (z.B. Festlegung der Amortisationszeit). Der Staat käme so seiner Vorbildfunktion nach und erfüllte die auch an ihn adressierten Anforderungen des nationalen Klimaschutzes.

Im öffentlichen Gebäudesektor existieren oftmals **Handreichungen für Hausmeister**. In vielen Fällen gibt es auch Hinweise für die Beschäftigten öffentlicher Einrichtungen, wie sie zu einer rationelleren Energienutzung beitragen können. Diese Unterlagen sind oft alt und/oder wenig genutzt. Empfohlen wird deshalb, neue Unterlagen zu erstellen und zu verteilen sowie regelmäßig auf sie hinzuweisen (z.B. durch Beifügung eines „Energiespar-Tipps“ - mit Verweis darauf, wo weitere Tipps zu finden sind - auf jeder „Hausmitteilung“, egal welchem Thema die eigentliche Mitteilung gewidmet ist). Außerdem sollten **regelmäßige Schulungen oder Seminare** durchgeführt werden, diese werden z.B. durch die Energieagentur NRW (Energieagentur NRW 2002) angeboten (z.B.: Projekt - Gebäudecheck Energie), die auch aktuelles Informations- und Schulungsmaterial bereithält.

Mit den im Landeshaushalt verfügbaren Mitteln wird es nicht allein möglich sein, die im öffentlichen Gebäudesektor notwendigen Investitionen zu finanzieren. Es bietet sich deshalb an, die begonnenen Aktivitäten im Bereich **Contracting/Energiespar-Partnerschaften** auszuweiten (z.B.: Wuppertal Institut 1999). Dies gilt auch für die Kommunen und öffentlichen Unternehmen. Dabei sollten nicht nur die Möglichkeiten des externen

Contracting (mit einem Kooperationspartner außerhalb der Gebietskörperschaft bzw. eines anderen öffentlichen Gebäudeeigners) ausgeweitet werden, sondern auch das sog. Intracting. Auch hierzu sei auf das Gutachten verwiesen, das vom MSWKS in Auftrag gegeben worden ist (Pilotprojekte der Energieabteilung des Wuppertal Instituts: Einsparcontracting und Intracting in NRW - Intracting in einer großen nordrhein-westfälischen Stadt, etc.

Wie die Ergebnisse dieser Studie deutlich machen, ist ein ressourcenschonender Ansatz auch für den Bau und Betrieb von Verwaltungsgebäuden sinnvoll. Gerade der Betrieb – hauptsächlich bestimmt durch die Haustechnik, durch elektrische Geräte (wie Computer) und durch die Wahl der Energiebereitstellung – hält große Potenziale für eine Optimierung des lebenszyklusweiten Ressourcenverbrauchs solcher Gebäude bereit. Ausschlaggebend für die Entwicklung von ressourcenoptimierten Konzepten ist eine umfassende **Datenbasis**. Erste Ansätze werden hier z.B. durch das „Netzwerk Lebenszyklusdaten“ (Forschungszentrum Karlsruhe) gemacht. Weiterhin sind praxisnahe Instrumente unverzichtbar, die eine handhabbare Umsetzung solcher Konzepte möglich machen. Auch hier gibt es bereits erste Beispiele (Quelle: LEGOE – Planungs- und Bewertungshilfsmittel für Neubauten (gefördert durch das Umweltbundesamt) (LEGOE 2002) – Bewertungssysteme für ökologisches und ökonomisches Bauen und Sanierung der Bergischen Universität Wuppertal (gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung)), die allerdings teils fertig gestellt, teils in der Entwicklung ihre Praxistauglichkeit noch nicht bewiesen bzw. bei Architekten und Planern häufig noch keine Akzeptanz gefunden haben. Die aktuelle Situation vermittelt, dass andere Wege gefunden werden müssen, Ideen ressourcenoptimierten Bauens und einer dafür unverzichtbaren ganzheitlichen Planung greifbar und umsetzbar zu machen. Auf Basis einer umfassenden Übersicht über die bereits existierenden Instrumente zur Messung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Quartieren sind deren Stärken und Schwächen (Anwenderfreundlichkeit, Bedürfnisorientierung, Nachhaltigkeitskriterien etc.) zu ermitteln. Darauf aufbauend muss eine **DV-gestützte Methode entwickelt werden, die mit Hilfe eines Indikatorensets die Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und Quartieren für Architekten und Planer** praktikabel und einfach macht. Hierbei kann die Idee des ressourcenoptimierten Bauens nur ein Baustein des nachhaltigen und somit zukunftsfähigen Bauens sein. Verbunden mit der Schonung von Ressourcen ist meist auch ein ökonomischer Vorteil. Darüber hinaus müssen aber immer mehr auch soziale Aspekte Berücksichtigung finden. Insbesondere im Rahmen von Stadtteil- bzw. Quartiersentwicklung müssen die Bedürfnisse des Menschen im Mittelpunkt stehen. Wie die nachstehende Abbildung verdeutlicht, gilt es in der Zukunft für soziale, wirtschaftliche und integrierte Aspekte der Nachhaltigkeit Potenziale zu erschließen. Die „soziale Nachhaltigkeit“ ist ein bisher sehr diffuses Thema, soziale Aspekte scheinen kaum messbar und qualitative Aussagen lassen sich schwer messen und verwerten (vgl. Wallbaum 2002).

Schließlich sei erwähnt, dass das Land die Möglichkeit hat, auf Unternehmen einzuwirken, die sich zu Teilen in Besitz des Landes NRW befinden. Die oben genannten Kriterien und Handlungsempfehlungen sollten auch für diese Gebäude, z.B. durch die Beteiligung an Contracting-Initiativen oder Energiespar-Partnerschaften, zur Geltung gebracht werden. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Wohnungsunternehmen, die Energieversorgungs- bzw. Dienstleistungsunternehmen sowie die Sparkassen. Positive Beispiele in diesen Unternehmen erreichen zudem einen großen Teil der Bevölkerung, wenn sie mit den richtigen

Kommunikationsformen verbunden werden. In diesem Kontext sollte z.B. darüber nachgedacht werden, ob nicht Terminals (Arbeitstitel: **InfoTower-Bau**) an zentralen Punkten eingerichtet werden, wie z.B. in Banken, Postfilialen, Rathäusern oder auch dem Foyer der Landesvertretung NRW in Berlin etc., die es auch der „normalen“ Bevölkerung erlauben, sich über die Initiativen des Landes und der Kommune zum Thema „Zukunftsfähiges Bauen“ oder „Nachhaltige Siedlungsentwicklung“ zu informieren. Solche Informationsplattformen könnten praktische Hilfestellungen bei zentralen Fragen rund um das Thema Bauen bieten und somit Bausteine eines **Erlebnis- und Wissenspark Landesvertretung NRW** sein. Neben Ansprechpartnern in den kommunalen Behörden wären Broschüren des Landes online zu bestellen etc. . Neben diesen recht konventionellen Angeboten, die auch für viele Menschen ohne heimischen Internetanschluss hilfreich sind, ließen sich auch individuelle (Um-)Welten darstellen. So könnten die Nutzer online ihre Vorstellungen zur Stadt 2020 in virtuellen Bilder überführen, die als beteiligungsorientierte Ansätze kommunalen Gestaltens verwendet werden können. Diese Idee könnte in ähnlicher Form auch für Schüler und Jugendliche in Form eines **Computerspiels** genutzt werden oder, wie es beispielgebend in den Projekten „MIPS für Kids“ (Baedeker 2001) und „Kurs 21“ (Wuppertal Institut 2002) umgesetzt wird, in anderer Form eine Sensibilisierung für das Thema Zukunftsfähigkeit zu erreichen.

8. Glossar

Abfall sind Stoffe oder Produkte, die entweder recycelt (Abfälle zur Verwertung) oder entsorgt (Abfälle zur Entsorgung) werden müssen.

Abiotische Rohstoffe sind alle unmittelbar der Natur entnommenen, noch nicht bearbeiteten, abiotischen Materialien, also z.B. Erze in einem Erzbergwerk, nicht verwertete Förderung, Bodenaushub für die Herstellung eines Kellers/Hauses etc.

Abluft oder Abgase sind Trägergase fester, flüssiger oder gasförmiger Emissionen.

Abwasser ist das durch häusliche, landwirtschaftliche, gewerbliche und industriellen Gebrauch verschmutzte Nutzwasser (im weiteren Sinne wird auch das abfließende Niederschlagswasser sowie Sickerwasser von Drainagen und Sickerleitungen zum Abwasser gerechnet), das über die Kanalisation in den Vorfluter gelangt.

Bauelement: Bauteil

Bauteil: Konstruktive Einheit eines Gebäudes oder von Teilen eines Gebäudes; z.B. Wand, Boden, Decke, Fenster, Backsteinmauer, etc.

BEWAG: Berliner Kraft- und Licht-AG)

BGF: Bruttogeschossfläche

BHKW: Blockheizkraftwerk

Biotische Rohstoffe sind alle unmittelbar den Natur entnommenen biotischen Materialien, also z.B. Bäume, Fische, Baumwolle vor der Verarbeitung.

Bodenbewegungen umfassen alle Bewegungen von Boden in der Land- und Forstwirtschaft, also gepflügter Boden oder Erosion.

Brundtland-Bericht: 1987 erstellte die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung unter der Leitung der norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland den nach ihr benannten Bericht an die Volksversammlung der Vereinten Nationen; demnach ist eine Reduktion des pro Kopf Energieverbrauchs bzw. der CO₂-Emissionen erforderlich, um gravierende Umwelt-, Wirtschafts- und Sozialprobleme zu verhindern.

Charta von Aalborg: Geschäftsgrundlage des „International Council for Local Environmental Initiatives“ (ICLEI), einem Städtebündnis, dem sich weltweit rund 200 Kommunen angeschlossen haben und welches die Umsetzung der nachhaltigen Entwicklung auf lokaler Ebene zum Ziel hat.

Club of Rome: Informeller Zusammenschluss von Wirtschaftsführern, Politikern und Wissenschaftlern aus über 30 Ländern; gegründet 1968 mit dem Ziel der Erforschung von Ursachen und inneren Zusammenhängen der Menschheitsprobleme; Bericht an den Club of Rome u.a. von Meadows, D. (u.a.: „Die Grenzen des Wachstums“; 1972), der die Endlichkeit der Ressourcen aufzeigt.

EG: Erdgeschoss

Emissionen: Von einer Anlage ausgehende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen

Energieträger sind thermisch oder nicht thermische genutzte Träger von Energie (z.B. Erdöl, Kohle oder Brennholz).

EnEV: Energieeinsparverordnung

ESG: Einscheibensicherheitsglas

GaBi: Ganzheitliche Bilanzierung des IKP Universität Stuttgart

GaVO: Gaststättenverordnung

GFZ: Geschossflächenzahl, sie gibt das Verhältnis der Bruttogeschossfläche des Gebäudes zur Grundstücksfläche an.

Grauwasser: Leicht verschmutztes Wasser aus Bad, Dusche oder Handwaschbecken.

Grundwasser: Der Teil des unterirdischen Wassers, der die Hohlräume der Erdrinde vollständig füllt und sich unter der Wirkung von Schwer- und Druckkraft frei bewegt.

Grund-, Werk- und Baustoffe sind Stoffe bzw. Substanzen, die in einen Prozess eingesetzt werden und dafür in vor gelagerten Prozessen hergestellt wurden (z.B. Stahl, PVC oder Glas).

GRZ: Grundflächenzahl, sie gibt das Verhältnis der Grundfläche des Gebäudes zur Grundstücksfläche an.

Hauptprodukt sind wirtschaftsfähige Güter die in einem Prozess entstehen und für die der Prozess ursächlich betrieben wird.

Hilfsstoffe sind Stoffe, die in einen Prozess eingehen, aber nur eine Hilfsfunktion erfüllen (z.B. Trennmittel).

Input umfasst alles, was in einem Prozess eingesetzt wird.

Klimarahmenkonvention: Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen; wurde im Juni 1992 in Rio gezeichnet und bisher von 168 Staaten ratifiziert.

Klimaschutz: Vermeidung und Verminderung der von menschlichem Handeln verursachten Änderungen der klimatischen Bedingungen.

Komponente: Bauteil

Kraft-Wärme-Kopplung: Prozess zur kombinierten Erzeugung von Wärme und mechanischer Arbeit, die in elektrischen Strom umgewandelt werden kann. Damit kann die ansonsten in einer Wärmekraftmaschine nicht in Bewegungsenergie umwandelbare Abwärme der Maschine genutzt werden, z.B. zu Heizzwecken. Auf diese Weise lässt sich der gesamte Nutzungsgrad der im eingesetzten Brennstoff enthaltenen Energie im allgemeinen erheblich steigern.

Lebensdauer: Zeitdauer der angenommenen Funktionstüchtigkeit des Gebäudes.

Lebenszyklus: Gesamtheit aller Prozesse, die von einem Produkt durchlaufen werden. Insbesondere zählen dazu Herstellung, Verarbeitung, Transport, Anwendung und Entsorgung.

lebenszyklusweit: Alle Lebensphasen eines Produktes umfassend, d.h. von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Nutzung bis zum Recycling/Entsorgung.

Luft wird im MIPS Konzept gezählt soweit diese chemisch oder physikalisch (Aggregatzustand) verändert wird.

Material-Input (MI) umfasst alle stofflichen Inputs die zur Herstellung eines Guts oder der Erbringung einer Dienstleistung notwendig sind, Einheit: [kg oder t].

Material-Intensität (MIT) ist der auf eine Masseneinheit bezogene Material-Input, Einheit: [kg/kg oder kg/MJ etc.]

Material-Intensität = Material-Input / Gewicht

MI-Faktoren werden die Material-Intensität-Werte für einzelne Stoffe oder Module genannt, Einheit: [kg/kg oder kg/MJ etc.].

Minimumabschätzungen werden vorgenommen, in dem man die minimal möglichen Material-Inputs erfasst. Sie werden durchgeführt, wenn komplette Berechnungen nicht möglich sind und man den minimalen Ressourcenverbrauch als Vergleichsgröße zugrunde legen will.

MIPS ist die Abkürzung von Material-Input pro Serviceeinheit, Einheit: [kg/S].

MIPS = MI / S

Module enthalten Daten zu Vorprodukten oder Vorleistungen die häufig benötigt und verwendet werden. Es handelt sich hierbei um Durchschnittswerte. In der Regel gelten Module für einzelne Regionen, Branchen etc. (Transportmodul, Elektrizitätsmodul etc.).

Niedrigenergiehaus: Wärmeschutzstandard, der die Forderungen der Wärmeschutzverordnung von 1995 um 30 % unterschreitet.

NRW: Nordrhein-Westfalen

Ökoeffizienz: Maximierung des wirtschaftlichen Wertes eines Produktes, einer Dienstleistung oder eines Unternehmens bei gleichzeitiger Minimierung des Ressourcenverbrauchs und der negativen Umwelteinflüsse.

Ökologischer Rucksack: Der ökologische Rucksack berechnet sich aus dem Material-Input abzüglich des Eigengewichts des Produktes, Einheit: [kg]. Ökologischer Rucksack = MI - Eigengewicht

Ökosphäre ist die natürliche Umwelt des Menschen.

ÖPNV: Öffentlicher Personennahverkehr

OG: Obergeschoss

Output umfasst alles, was den Prozess verlässt.

Planungsprozess: Gesamter Ablauf der Planung eines Gebäudes, alle Akteure mit eingeschlossen.

Produktionsintensiv sind Produkte bei denen die Herstellung im Vergleich zur Nutzung große Ressourcenverbräuche verursacht.

Regenwasser ist im Zusammenhang mit der Regenwassernutzung das von Dachflächen ablaufende und in Behältern aufgefangene Wasser.

Ressource: Alle Einsatzstoffe für einen Prozess. Im MIPS-Konzept wird der Begriff Ressource nicht analog zum geologischen oder ökonomischen Begriff der Ressource verwendet.

Ressourceneffizienz: Minimierung des Ressourcenverbrauchs für die Bereitstellung eines bestimmten Produktes oder einer Dienstleistung.

RLT: Raumluftechnik

Stoffflüsse sind alle Stoffbewegungen in der Öko- und Technosphäre. Stoffflüsse können in Kreisläufen erfolgen. Für eine Reihe von Stoffflüssen sind historische und auch geologische Zeiträume zu kurz, um einen Kreislauf zu ermöglichen.

Technosphäre: Der vom Menschen unmittelbar beeinflusste Teil der Ökosphäre.

TGA: Technische Gebäudeausrüstung

TMR: Total Material Requirement

Treibhauseffekt: Bezeichnung für die Wirkung der Atmosphäre auf den Strahlungs- und Wärmehaushalt der Erde. Durch das derzeit zunehmend gestörte Gleichgewicht der Treibhausgase wird eine Veränderung des Erdklimas provoziert, mit vermutlich für Teile der Menschheit katastrophalen Folgen.

Treibhausgas: Gas in der Atmosphäre, das am Treibhauseffekt beteiligt ist, u.a.: Kohlendioxid, Lachgas, Methan, Ozon, Fluorchlorkohlenwasserstoffe, Wasserdampf.

TWO: Technische Werke Osning

UG: Untergeschoss

Umweltbelastung: Unerwünschte Auswirkung auf die belebte und unbelebte Umwelt.

Umweltbelastungspotenzial: Die Potenz eines Eingriffs Umweltschäden zu verursachen, wird näherungsweise durch MIPS abgebildet.

Umweltverträglichkeit: bedeutet im Sinne der Nachhaltigkeit möglichst geringe unerwünschte Auswirkungen auf die belebte und unbelebte Umwelt.

U-Wert: Die Wärmedurchgangszahl U (in W/m^2K) gibt an, welche Wärmemenge pro Stunde durch einen Quadratmeter eines Bauteils von der Dicke d im stationären Zustand fließt, wenn der Temperaturunterschied zwischen Luft beiderseits anschließender Räume 1 K beträgt. Früher wurde der U -Wert als k -Wert bezeichnet.

VSG: Verbundsicherheitsglas

Wasser umfasst im MIPS-Konzept alles unmittelbar der Natur entnommene Wasser. Hierbei sollte zwischen Entnahmen von Oberflächenwasser, Grundwasser und Tiefen(grund)wasser unterschieden werden. Ebenfalls möglich und auf der Basis der offiziellen Wasserstatistik auch einfacher, ist die Unterscheidung in Grund-, Quell- und Oberflächenwasser. In Abhängigkeit von der Wasserstatistik wird auch angereichertes Oberflächenwasser sowie Uferfiltrat erhoben.

WCED: World Commission on Environment and Development

WSchV 1995: Wärmeschutzverordnung 1995

9. Literatur

- Baedecker, C. et al. (2001). MIPS für Kids. Wuppertal Institut, Oekom Verlag, München.
- Bauwesen, F. R. u. W. i. (2000). 1. Monitoring-Bericht des Kreislaufwirtschaftsträgers Bau (KWTB). Bremen.
- Behrensmeier, R. und S. Bringezu (1995). Zur Methodik der volkswirtschaftlichen Materialintensitäts-Analyse: Der bundesdeutsche Verbrauch nach Bedarfsfeldern. Wuppertal, Wuppertal Institut.
- Bentheim, M. und M. Karsten (Hrsg.) (2002). Honorar-Handbuch für Architekten und Ingenieure: Texte, Materialien, Beispiele, Rechtssprechung, Honorarvorschläge. Ernst & Sohn, Berlin: 645.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1998): Umweltpolitisches Schwerpunktprogramm. Berlin
- BMVBW - Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2001): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin
- BRBS - Bauministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (1995): Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Bonn.
- Bunte, D. (1997). Analyse zum Heizwärmebedarf eines ausgeführten Niedrigenergiehauses. Maschinenwesen. Universität Gesamthochschule Essen.
- Deutscher Bundestag (Hrsg.) (1997). Antrag zur Erstellung eines nationalen Umweltplans der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen. BT-Drucksache 13/7884. Bonn.
- Energieagentur (2002). “www.energieagentur.de”
- Enquete Kommission zum Schutz des Menschen und der Umwelt des Deutschen Bundestages (1993). Verantwortung für die Zukunft - Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn.
- GaBi (2002). “www.gabi-software.com”
- Hauff, V. (Hrsg.) (1987). Unsere gemeinsame Zukunft - Der Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland Bericht), Eggenkamp.
- Hein, E. und T. Saulich (2001). “Wieviel Umwelt wiegt ein Bürogebäude? - Vergleichende Analyse von Verwaltungsbauten hinsichtlich der Ressourcenproduktivität mit dem MIPS-Konzept.” Diplomarbeit an der Fachhochschule Lippe, Detmold in Zusammenarbeit mit dem Wuppertal Institut.
- Herbst, B. (2000). “Mehrfamilienhäuser nach dem MIPS-Konzept unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte.” Diplomarbeit an der Bergischen Universität-Gesamthochschule Wuppertal.
- IEMB - Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken an der TU Berlin (2002): Dialog Bauqualität. Endbericht im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung. Berlin
- LEGOE (2002). “www.legoe.de”

- Lehmann, H., Stanetzky, C., Breuer, M., Hübner, M., Milz, M., Revuelta, J. (2000). Stoffströme beim Modernisieren. Aachen, Landesinstitut für Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Mannstein, C. (1996). Das Elektrizitätsmodul im MIPS-Konzept. Wuppertal Papers Nr. 51.
- NRW (2000). Landesentwicklungsbericht Nordrhein-Westfalen: Modern. Stark. Vielfältig. Aus alten Stärken neue Chancen gewonnen. Schriftenreihe des Ministerpräsidenten NRW, Heft 55, Düsseldorf.
- Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C. (2002). MIPS berechnen. Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen. Wuppertal Paper 27.
- Schmidt-Bleek, F. (1994). Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS - Das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin, Basel, Boston, Birkhäuser Verlag.
- Schmidt-Bleek, F. (Hrsg.) (1998). MAIA - Einführung in die Materialintensität-Analyse nach dem MIPS-Konzept. Wuppertal, Wuppertal Institut.
- Schmidt-Bleek, F., Käo T., Hunke, W. (Hrsg.) (1999). Das Wuppertal Haus: Bauen und Wohnen nach dem MIPS-Konzept. Birkhäuser.
- Schultmann, F. und O. Rentz (1999). Stoffstrommanagement für Baureststoffe aus dem Hochbau. Müll und Abfall(4): 206-217.
- Wallbaum, H. (2002). Denk- und Kommunikationsansätze zur Bewertung des nachhaltigen Bauens und Wohnens. Dissertation im Fachbereich Architektur an der Universität Hannover.
- WECD - World Council of Environmental Development (1987). "Brundtland-Bericht: Our common future. New York.
- Wuppertal Institut (1999). Einspar-Contracting für Fortgeschrittene. Ministerium für Bauen und Wohnen des Landes Nordrheinwestfalen.
- Wuppertal Institut (2002). <http://www.wupperinst.org>
- Wuppertal Institut, Planungsbüro Schmitz et al. (1996). Energiegerechtes Bauen und Modernisieren. Grundlagen für Architekten, Ingenieure und Bewohner, Birkhäuser Verlag, Basel Berlin Bosten.
- Zukunftsrat NRW (2002): <http://www.agenda21.nrw.de/content/zukunftsrat/zukunftsrat.htm>