

ÜBS

PLANUNGSHILFE
Berufliche Bildungsstätten

**WECHSELWIRKUNGEN
zwischen
Investitionskosten und
Energieverbrauch**



**Am Beispiel der
ÜBS-Lehrbauhöfe in
Brandenburg und Cottbus**

Bundesinstitut
für Berufsbildung **BiBB**

► Forschen
► Beraten
► Zukunft gestalten

**VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG ZUR WECHSELWIRKUNG ZWISCHEN
INVESTITIONSKOSTEN UND ENERGIEVERBRAUCH
BEI DEN ÜBS-LEHRBAUHÖFEN IN BRANDENBURG UND COTTBUS**

Herausgeber:
Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)
Robert-Schuman-Platz 3, 53175 Bonn

© Copyright:
Die veröffentlichten Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.
Namentlich gekennzeichnete Beiträge stellen nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers dar.

Bonn, September 2007

Veröffentlichung im Internet: <http://www.bibb.de>
ISBN-NR.: 978-3-88555-811-8
Bestell-Nr.: 09.134

BETEILIGTE

Auftraggeber:

Bundesinstitut für Berufsbildung
Arbeitsbereich 3.4
Überbetriebliche Berufsbildungsstätten / Regionale Strukturentwicklung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
www.bibb.de

Ansprechpartner: Frau Christine Noske
Tel.: 0228 / 107 1223
E-Mail: noske@bibb.de

Bearbeitung:

GUS Architekten • Ingenieure
Johannesstraße 71
70176 Stuttgart
www.gus-ai.de

Tel.: 0711 / 63609 01
E-Mail: info@gus-ai.de

Dipl.-Ing. H. Ingerfurth (Projektleitung)
Dipl.-Ing. (FH) D. Brigola
Dipl.-Ing. J. Brigola
Dipl.-Ing. K. Bürmann

Beteiligte Bildungsstätten:

Überbetriebliches Ausbildungszentrum Bauwirtschaft Brandenburg/H.-Friesack
Friedrich-Franz-Straße 16
14770 Brandenburg/H.

Tel.: 03381 – 39 05-50
Fax: 03381 – 39 05-60
E-Mail: brandenburg@bfw-bb.de
www.bfw-bb.de/BRB/Start_BRB.htm

Kompetenzzentrum für Nachhaltiges Bauen Cottbus
Dissenchener Schulstraße 15
03052 Cottbus-Dissenchen

Tel.: 0355 – 756 53-14
Fax: 0355 – 756 53-30
E-Mail: cottbus@bfw-bb.de
www.bfw-bb.de/Cottbus/Start_CB.htm

VORWORT

Mit der Studie „Wechselwirkungen zwischen Investitionskosten und Energieverbrauch am Beispiel der ÜBS-Lehrbauhöfe in Brandenburg und Cottbus“ werden Daten und Erkenntnisse vorgelegt, die aus einem Modellvorhaben des Bundesinstituts für Berufsbildung gewonnen wurden. Der in den Jahren 1998 bis 2001 errichtete Bau einer überbetrieblichen Berufsbildungsstätte der Bauwirtschaft in Cottbus/Brandenburg hatte Modellcharakter, weil hierbei exemplarisch drei Anliegen verwirklicht wurden:

1. Reduktion der Umweltbelastung durch ökologisch orientierte Materialwahl und Baukonstruktionen,
2. Minimierung des Energieeinsatzes bei Erstellung und Betrieb des Gebäudes,
3. Sichtbarmachung der ökologischen Orientierung und deren Nutzung in Aus- und Weiterbildung (Baukörper = „Lehrkörper“)

Nach Inbetriebnahme und mehrjähriger Nutzung stehen Erfahrungen und Daten über Energieverbräuche zur Verfügung. Für eine realistische Einschätzung der Effizienz bot sich ein Vergleich zwischen dem nach ökologischen Gesichtspunkten errichteten Lehrbauhof in Cottbus und dem weitgehend baulich übereinstimmenden, aber konventionell erbauten in Brandenburg/Havel an. Das Ergebnis ist ermutigend für alle, die eine Ressourcen- und Umweltschonende Zielsetzung befürworten. Lesen Sie nach in Kapitel 9 „Auswertung“.

Nachhaltiges Wirtschaften ist angesichts der bereits stark erhöhten und rasant weiter steigenden Energiepreise kein Thema ideologischer Auseinandersetzungen mehr, sondern von realer Bedeutung. Viele der in Westdeutschland mit öffentlichen Mitteln erbauten überbetrieblichen Berufsbildungsstätten sind ca. 30 Jahre alt und bedürfen der Modernisierung. Darüber hinaus zwingen verschärfte gesetzliche Auflagen und Bestimmungen zum Handeln.

Die vorliegende Studie will keine Planungshilfe im engeren Sinne sein, sondern stellt Zusammenhänge dar und vermittelt Erkenntnisse. Erstmals konnte nachgewiesen werden, dass eine ökologisch orientierte Bauweise nicht zwangsläufig mit höheren Investitionskosten verbunden sein muss als eine konventionelle. Ferner wird der Zusammenhang zwischen der Konstruktion der Gebäudehülle und dem Heizenergie-Einsatz nachvollziehbar dargestellt. Gleichzeitig wird deutlich, welchen Nutzen ein systematisches Gebäudemanagement für die Senkung der Betriebskosten hat.

Es ist der Wunsch des Bundesinstituts für Berufsbildung, die Zielsetzungen des Modellvorhabens Cottbus: die Reduzierung der Umweltbelastung, die Minimierung des Energieeinsatzes und die Implementierung einer nachhaltigen Denkweise in die berufliche Bildung in weiteren Modernisierungsprojekten verwirklicht zu sehen. Hierzu soll die vorliegende Veröffentlichung einen Beitrag leisten.

Christine Noske

Christine Noske

Leiterin des Arbeitsbereichs
Überbetriebliche Berufsbildungsstätten – regionale Strukturentwicklung

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. EINFÜHRUNG: ANLASS UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG	9
2. PROJEKTbeschreibung	11
2.1 IDENTISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	11
- Gebäudetypologie	
- Konstruktion und Baustandards	
- Betriebsart	
- Betriebsgröße	
- Raumprogramm	
- Entwicklungszeitraum	
2.2 VERSCHIEDENE REALISIERUNGSKONZEPTE	15
- Standort Brandenburg	
- Standort Cottbus	
2.3 ABBILDUNGEN	17
- Zeichnungen	
- Fotos	
3. KONZEPTION DER ANALYSE	18
3.1 GLIEDERUNG DER GEBÄUDE	18
- Kopfbau	
- Hallenbau	
3.2 MASSENERMITTLUNG	19
- Boden	
- Fassade	
- Dach	
3.3 KOSTENERFASSUNG	19
3.4 VERBRAUCHSDATEN	20
3.5 ÜBERSICHT DATENVERKNÜPFUNG	22
4. MASSENERMITTLUNG	23
4.1 GEBÄUDEDIMENSIONEN	23
4.2 DIMENSIONEN DER HÜLLFLÄCHEN	25
5. QUALITÄTEN DER GEBÄUDETEILE	28
5.1 GLIEDERUNG	28
5.2 LISTE DER QUALITÄTEN	28
6. KOSTEN	31
6.1 GESAMTKOSTEN	31
6.2 DIFFERENZIERUNG DER SBK	32
6.3 KENNWERTE	36
7. ENERGIEEINSATZ	38
7.1 GEBÄUDETECHNIK	38
7.2 ENERGIEBEDARF	42
7.3 TABELL. DARSTELLUNG VERBRAUCHSDATEN	43
8. STANDORTBEDINGTE EINFLÜSSE	48
8.1 BELEGUNG	48
8.2 WETTERDATEN	50

9. AUSWERTUNG	51
9.1 KOSTENVERGLEICH	51
- Hüllflächen	
- Sonstige Positionen der KG 300	
- Technische Systeme	
- Zusammenfassung: SBK	
9.2 VERGLEICH DER VERBRAUCHSDATEN	59
- Wärmeenergie für Heizzwecke	
- Warmwasserbereitung	
- Elektroenergie	
- Wasserverbrauch	
- Sondereinrichtungen in Cottbus	
9.3 GEGENÜBERSTELLUNG:	65

A N H A N G

- A1. ANGABEN ZU DEN PROJEKTEN
- A2. FLÄCHENLISTEN UND m³ BRI
- A3. MASSENERMITTLUNG HÜLLFLÄCHEN
- A4. GEBÄUDEQUALITÄTEN
- A5. ZUSAMMENSTELLUNG DER KOSTEN
- A6. VERBRAUCHSDATEN
- A7. BELEGUNGSANGABEN
- A8. AUSSENTEMPERATURANGABEN
- A9. PLÄNE

LISTE DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

Abb.	1	Strukturelemente der Untersuchung
Abb.	2	Organisationsdiagramm ÜBS-Bau
Abb.	3	Grundrisse/schnitte/Ansichten
Abb.	4	Gliederung der Gebäude
Abb.	5	Konzeption der Datenverknüpfung
Abb.	6	Verteilung des Wärmeenergieverbrauchs
Abb.	7	Belegungsdichte der Werkstätten
TAB.	1.	Raumprogrammflächen
TAB.	2.	Entwicklungsstufen
TAB.	3.	Grundflächen des Gebäudes
TAB.	4.	Gebäudekennwerte
TAB.	5.1	Massenermittlung Hüllflächen
TAB.	5.2	Zusammenfassung Hüllflächen
TAB.	6.	Gebäudekompaktheit
TAB.	7.	Geschlossene (G)/offene (O) Hüllflächen
TAB.	8.1	Qualitäten der Hüllflächen Kopfbau
TAB.	8.2	Qualitäten der Hüllflächen Hallenbau
TAB.	9.	Gesamtkosten nach VN-Vorlagen
TAB.	10.1	Summe Baukosten (SBK) Brandenburg
TAB.	10.2	Summe Baukosten (SBK) Cottbus
TAB.	11.	Zusammenstellung SBK
TAB.	12.	Kostenkennwerte der Hüllflächen
TAB.	13.	Kostenkennwerte BGF
TAB.	14.	Platzkostenwerte
TAB.	15.	Bedarfsrechnung nach WSchVO'95
TAB.	16.	Verbrauchsdaten Wärmeenergie
TAB.	17.	Kennwerte Wärmeenergieverbrauch
TAB.	18.	Kennwerte Elektroenergieverbrauch
TAB.	19.	Wasserverbrauch
TAB.	20.	Werkstattbelegung
TAB.	21.	Außentemperaturdaten
TAB.	22.	Kosten Dachbereich Hallenbau
TAB.	23.	Abgleich ÜA-KOST
TAB.	24.	Gas-Verbrauch (m ³) / Wärmemengen (kwh)
TAB.	25.	Energieverbrauch Küche
TAB.	26.	Baukosten (SBK)/Heizenergieverbrauch

1. EINFÜHRUNG: ANLASS UND ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Mit der Übergabe des Gebäudes an die Nutzer im April 2001 begann die Phase 3 (Nutzungsphase)¹⁾ des Modellprojektes Cottbus als 'Kompetenzzentrum für nachhaltiges Bauen' und umfasst nunmehr einen Zeitraum von nahezu 4 Jahren. Während dieses Abschnitts konnten erste Erfahrungen gesammelt werden, die Auskunft geben können über die Wirksamkeit der eingesetzten Mittel.

Als wesentliches Ziel für Planung und Realisierung des Projektes wurde die Minimierung des Energieeinsatzes bei Erstellung und Betrieb des Gebäudes festgelegt. Damit sollte beispielhaft gezeigt werden, wie die Forderung nach Reduktion der Umweltbelastung durch ökologisch orientierte Verfahren und Techniken beim Bauen umgesetzt werden kann.

Da nun erste Ergebnisse über den Energieeinsatz während der zurückliegenden Betriebszeit und den Umfang der aufgewendeten Investitionen vorliegen, soll in einer Untersuchung die Wechselwirkung zwischen dem Aufwand (Investitionskosten für die Gebäudeerstellung) und den Effekten (Energieeinsatz für den Betrieb) analysiert werden. Dabei werden die verwendeten Baustoffe hinsichtlich ihrer wärmetechnischen Bedeutung nicht erfasst²⁾; eine Beurteilung der Energiebilanzen wird nicht vorgenommen, obwohl dazu eine umfangreiche Dokumentation vorliegt³⁾. Diese Daten könnten Eingang finden in eine ökologische Gesamtbewertung des Projektes, wie sie beispielsweise im Zuge der Planungsphase in einem ersten Ansatz mit Hilfe des Programms 'ecopro' durchgeführt wurde⁴⁾.

¹⁾ Die Konzeption des Projektablaufs ist in verschiedenen Ausarbeitungen dokumentiert. Wesentliche Quellen sind:

- Planungswerkstatt für Stadtentwicklung, Projekt Ökologie im Beruf, P. Müller / H. Wiedrichs: Dokumentation der Vorbereitungs- und Planungsarbeiten in der Zeit vom 01.05.1996 bis 30.06.1997; Bremen, 31.10.1997
- GUS Gesellschaft für Umweltplanung Stuttgart. H. Ingerfurth / K. Müller: Schlussbericht Projektbegleitung der Phase II: Bau/Ausstattung (1998-2000); Stuttgart, 31.03.2001
- Kompetenzzentrum für nachhaltiges Bauen Cottbus, Dokumentation: Bau-Kompetenz-System (BKS) in: www.komzet-cottbus.de

²⁾ Der rechnerische Nachweis des Wärmeschutzes erfolgte nach der Wärmeschutz VO 1995 (Basis: K-Werte der Bauteile)

³⁾ - Dokumentation des Deklarationsrasters für die verwendeten Baustoffe
- Dokumentation der Stoffströme

⁴⁾ Empfehlung im 'Schlussbericht zur Projektbegleitung der Phase II: Bau/Ausstattung (1998 - 2000)', GUS, 31.03.2001:
Dok 21: Stellungnahme zu: Ökologische Bewertung und Bilanzierung der Energie- und Stoffflüsse unter Einsatz von ecopro, 16.12.1999; S. 3

Die Evaluation der Projektdaten (Gebäudedimensionen, Herstellungskosten, Verbrauchsmessungen und klimatische und nutzungsspezifische Rahmenbedingungen) erfolgt in einer vergleichenden Studie mit dem ÜAZ in Brandenburg.

Dabei wird die einmalige Gelegenheit genutzt, dass ein Gebäude gleicher Nutzung, Größe und Form etwa zeitgleich (1 Jahr Vorlaufzeit) vom gleichen Bauherrn unter gleichen Bedingungen (Z-Bau Maßnahme) jedoch in konventioneller Bauart realisiert und mit allen Daten verfügbar ist.

Beide Häuser sind in ihrer Typologie äußerst ähnlich und weisen zwei nutzungsspezifische Gebäudeteile auf:

- 2-geschossiger Kopfbau (mit den Bereichen: Verwaltung, Theorieräumen und Kantine / Küche)
- ebenerdiger Hallenbau (mit den Werkstätten, Lagerräumen und dem Sanitärbereich)

Diese Teile bestimmen als Darstellungsebene die Struktur der Datenerhebung und Wirkungsanalyse, sodass sich daraus die folgende Gliederung der Untersuchung ergibt:

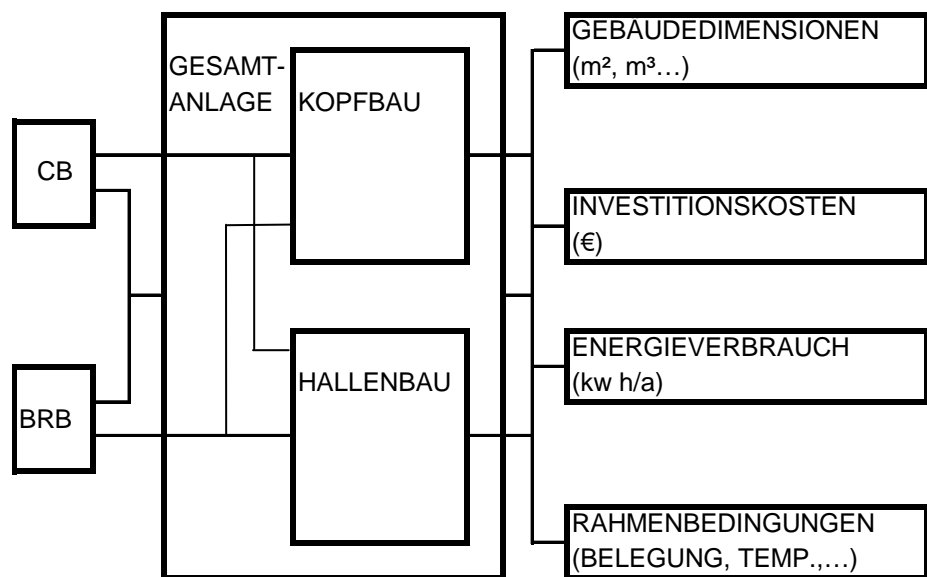


ABB. 1: Strukturelemente der Untersuchung

2. PROJEKTBESCHREIBUNG

2.1 IDENTISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

1. Gebäudetypologie

Beide Gebäude sind unter den vielfältigen Ausprägungen von Einrichtungen der überbetrieblichen beruflichen Bildungsstätten der vergleichsweise homogenen Gruppe der 'Bau-Ausbildungsstätten' zuzuordnen. Das Grundmuster dieses Gebäudetyps resultiert aus den spezifischen Anforderungen der Berufsausbildung in der Bauwirtschaft¹⁾ und ist gekennzeichnet durch das Nebeneinander von:

- weitgehend gleichgroßen, hallenartigen, vielfältig nutzbaren Werkstatträumen, vorwiegend in ebenerdiger Anordnung und
- einem eher kleinteilig strukturierten Infrastrukturbereich (Theorie-, Verwaltungs- und Versorgungsräume) mit unterschiedlichen Anforderungen an die jeweiligen Raumarten, vorwiegend in gestapelter Anordnung.

Aus den Beziehungen der verschiedenen Räume zueinander ergibt sich für jeden dieser Bereiche eine spezifische Binnenstruktur:

- Werkstätten (nach bestimmten Techniken gegliedert) zu Lagern, Umkleide- und Nassräumen, Ausbilderstationen
- Theorieräume untereinander und zu den Sammlungs- und Lagerräumen für Material und Gerät
- Aufenthaltsbereiche für Auszubildende und Ausbilder zu Speiseraum mit Küche und dem Werkstattbereich
- Verwaltungsräume untereinander und den Nebenräumen
- Weitgehend eindeutige Nutzungszustände in den Bereichen Verwaltung, Theorie und Versorgung und damit klar definierte Raumarten und -größen
- Offene Nutzungszustände im Werkstattbereich, daher häufiger Nutzungswechsel mit der Folge weitgehend gleichartiger Raumgeometrien und -standards

¹⁾ Verordnung über die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft, 02. Juni 1999
Weitergehende Informationen können der folgenden Schrift entnommen werden:
ÜBS Planungshilfe für überbetriebliche Berufsbildungsstätten, Überbetriebliche Ausbildung in den Berufen der 'Stufenausbildung Bau', Hrsg. BIBB, 1995

In dem folgenden Zuordnungsdiagramm ist die Grundstruktur dieses Gebäudetyps schematisch dargestellt:

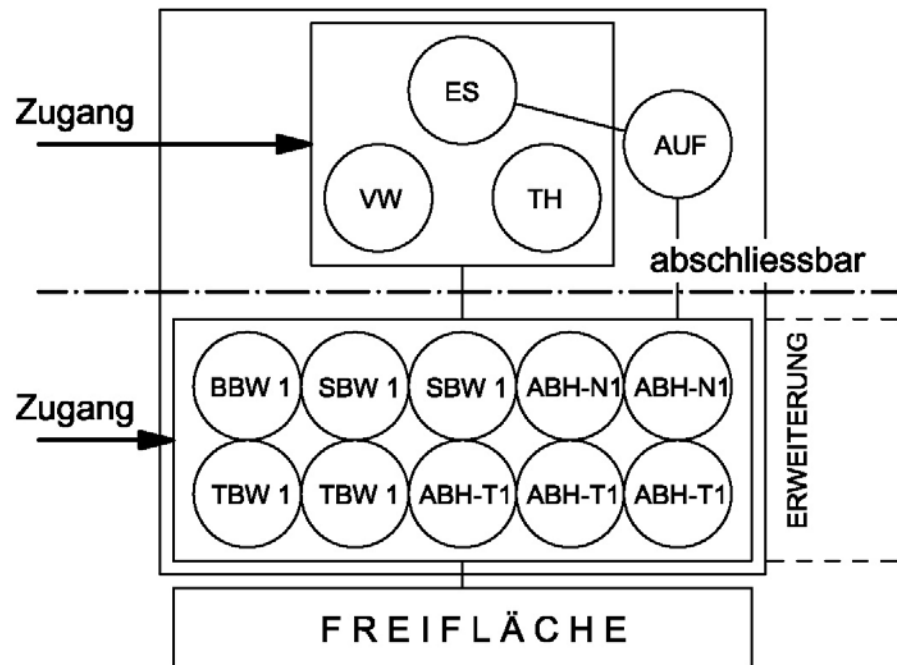


ABB.2: Organisationsdiagramm ÜBS-Bau

2. Konstruktion und Gebäudestandards

Die konstruktive Ausbildung der Bereiche ergibt sich aus den unterschiedlichen Nutzungen: im Werkstattbereich sind bei einer lichten Raumhöhe von bis zu 4,20 m (min.) vorwiegend große Spannweiten (z. B. $\geq 7,20$ m) vorgesehen, sodass eine stützenfreie und damit unbehindert nutzbare Arbeitsfläche gewährleistet ist. In allen sonstigen Bereichen herrschen eher kleinmaßstäbliche Konstruktionsstrukturen vor.

Die Raumstandards des Gebäudes weisen in ihren Qualitäten aufgrund der heterogenen Nutzungsformen eine große Bandbreite auf: im Werkstattbereich treten sowohl Flächen mit einem eher einfachen Ausbaustandard auf (z. B. Tiefbauhalle mit unbefestigter Bodenfläche), als auch hochinstallierte Räume mit differenziert ausgebildeten Oberflächenqualitäten (z. B. Holzmaschinenwerkstatt). In direkter Nachbarschaft zu den Werkstätten befinden sich die Umkleidezonen, die mit umfangreichen Installationen (waschen, duschen, WC-Blocks) ausgestattet sind. Die sonstigen Gebäudebereiche (Verwaltung, Theorie) weisen vorwiegend einen gehobenen Standard auf. Insgesamt zeigt sich also ein vielschichtiges Geflecht unterschiedlicher Flächen- und Raumarten.

3. Betriebsart

Die ÜBS ist ihrem Charakter nach eine öffentliche Einrichtung, allerdings in privater Trägerschaft. Die Nutzung findet im Wesentlichen in zwei Zeitphasen statt:

- Tagesnutzung ca. von 8.00 Uhr bis 17.00 Uhr (Vollzeitbereich) und
- Abendnutzung ca. von 18.00 Uhr bis 22.00 Uhr, Wochenendnutzung (Teilzeitbereich).

Nutzer sind vorwiegend Jugendliche (Auszubildende), aber auch Erwachsene (Fort- und Weiterbildung).

Tagsüber ist der Zeittakt geprägt durch längere Arbeitsphasen, unterbrochen durch zwei oder drei Pausen; abends herrscht eher ein $\frac{3}{4}$ Stunden-Rhythmus vor mit regelmäßigen Pausen.

Während der Mittagspause wird in der Mensa ein Essen angeboten.

Die Unterweisung erfolgt vornehmlich in den Werkstätten. Der Anteil des fachtheoretischen Unterrichts ist – anders als etwa in der Berufsschule – gering und steht in direktem Zusammenhang mit der praktischen Arbeit in der Werkstatt. Daneben finden schwerpunktmäßig in den Unterrichtsräumen aber ebenso in den Werkstätten auch Fortbildungsveranstaltungen statt.

Zu Beginn und am Ende des Arbeitstages können die Kursteilnehmer die Umkleide- und Sanitärbereiche nutzen.

Die Verwaltung hat sowohl interne Funktionen (Rechnungswesen, Auskunft, Materialausgabe, Einweisung, Koordination der Ausbilder, Betreuung des Werkstattbereichs) wie externe Funktionen (Einladung der Teilnehmer, Kooperation mit Berufsschule und Betrieb, Beschaffung etc.). Darüber hinaus kann die Verwaltung, hier vor allem das Sekretariat, als zentrale Anlaufstelle für Informationen jeglicher Art angesehen werden.

4. Betriebsgröße

Die Betriebsgröße wird definiert durch die maximale Anzahl der gleichzeitig anwesenden Personengruppen im Werkstattbereich. In beiden Fällen resultierte aus den Bedarfswerten (Art und Anzahl der Kursteilnehmer, Ausbildungsberufe, Schulungsmaßnahmen nach Art und Dauer) eine Größenordnung von 10 Übungseinheiten (ÜE)¹⁾. Bei Annahme einer durchschnittlichen Belegungsdichte von 16 Personen je ÜE ergibt sich daraus eine Kapazität und damit einen Betriebsgröße von 160 Ausbildungsplätzen.

¹⁾ Arbeitsbereich für eine Gruppe von 16 gleichzeitig anwesenden Teilnehmern mit einem Ausbilder

5. Raumprogramm

Das der Planung zugrunde liegende Raumprogramm ist in beiden Fällen nahezu identisch. Geringfügige Abweichungen ergaben sich im Einzelfall durch punktuell unterschiedliche Schwerpunktsetzungen:

BEREICHE	GRÖSSE IN m ² NF	
	BRB	CB
WERKSTÄTTEN: Arbeitsber., Lager, Sanit., Zentrallager	3.480	3.448
THEORIE: Schulungsräume, Vorbereitung, WCs	268	299
VERWALTUNG: Büros, Besprechungsräume, Archiv, WCs	170	142
AUFENTHALT: Auszubildende, Ausbilder	290	175
VERSORGUNG: Speiseraum, Küche	345	395
Σ	4.553	4.459

TAB. 1: Raumprogrammflächen

6. Entwicklungszeitraum

Beide Vorhaben stehen vor dem Hintergrund der Umstrukturierungsprozesse in den neuen Bundesländern nach ihrer Eingliederung in die Bundesrepublik im Jahre 1990 und der daraus folgenden Neuordnung der beruflichen Bildung. Der Umsetzungsvorgang durchlief in beiden Fällen die gleichen Stufen, zeitlich geringfügig versetzt:

ENTWICKLUNGSSTUFEN	ZEITRAUM FÜR STAND-ORT	
	BRB	CB
BEDARFSPLANUNG (Festlegung Betriebsgröße, Standortsuche)	03/91 – 12/94	10/91 – 12/95
BAU-WETTBEWERB ¹⁾ (Bewerbungsverfahren, Bearbeitung Wettbewerbsaufgabe)	01/95 – 07/95	03/96 – 10/96
START BAUPLANUNG (Überarbeitung Wettbewerbsprojekt, Förderantrag, Vorbereitung Bauphase)	08/95	11/96
BAUPHASE	04/97 – 07/99	10/98 – 03/01
START NUTZUNG	08/99	04/01

TAB. 2: Entwicklungsstufen

¹⁾ Beide Vorhaben unterlagen den zu diesem Zeitpunkt bekannten Vergabeverfahren nach der 'Richtlinie 95/50 EWG des Rates' als Vorläufer der VOF.

2.2 VERSCHIEDENE REALISIERUNGSKONZEPTE

1. Standort Brandenburg: "Regel-Fall"

Angaben zum Realisierungskonzept finden sich in den Wettbewerbsunterlagen unter dem Titel 'Allgemeine Planungshinweise'¹⁾ und im 'Erläuterungsbericht Gebäude' (Punkt 2.6.3-1 der 'Antragsunterlagen'²⁾.

Die Spezifizierungen der darin beschriebenen Anforderungen zielen auf die

- funktionale Leistungsfähigkeit der baulichen Anlage,
- Wirtschaftlichkeit bezüglich der Investitionskosten und der laufenden Kosten für Betrieb und Unterhaltung,
- Gestaltung im Aufbau, Raumfolgen und Materialwahl entsprechend dem Typus 'ÜBS-Bau', einprägsam in ihrem Ausdruck und übersichtlich gegliedert als Voraussetzung für ein Stück humaner Arbeitswelt,
- Situationsgerechte Einordnung in den zentralen Bereich des SWG-Gewerbe- und Industriepark (Standort).

Dementsprechend sind die Entscheidungen für Konstruktionen und Baumaterialien geprägt von Aspekten der Nutzungsverträglichkeit (mechanische Beanspruchung der Oberflächen), der technischen Anforderungen (z. B. Einhaltung der Wärmeschutz-VO ab 01/1996 und der DIN 4108) und der Einordnung in die Umgebung (Fassadengestaltung in Anlehnung an die vorhandene Industrie-Architektur). Ökologische Aspekte oder gar Prinzipien nachhaltigen Bauens wurden nicht explizit thematisiert. Insofern kann das Gebäude als Ergebnis üblicher Verfahrensweisen bei Planung und Realisierung und daher als 'Regel-Fall' in der Baupraxis angesehen werden.

2. Standort Cottbus: "Modellprojekt"

Die spezifische Zielebene des Vorhabens wurde durch eine Experten-Gruppe in Abstimmung mit dem Bauherrn (BFW Bauindustrie e. V.) und den Zuwendungsgebern (BMBF / BIBB und Land Brandenburg) erarbeitet und in einer Zusammenfassung mit dem Titel: 'Errichtung des ÜAZ-Cottbus Bauwirtschaft unter ökologischen Gesichtspunkten'³⁾ dokumentiert. Aus diesen Unterlagen wurden besondere Planungsgrundsätze abgeleitet als Erweiterung der sonst üblichen Anforderungen. Der Akzent liegt dabei auf der "Ökologischen Orientierung im Sinne der Betrachtung des 'Produktes Gebäude' bezogen auf die gesamte 'Lebenslinie', angefangen von der Gewinnung der Rohstoffe und der Verarbeitung zu Halbzeugen oder Fertigprodukten, über deren Verwendung und

¹⁾ Unterlagen für den beschränkten Realisierungswettbewerb ÜAZ Brandenburg, BFW des Bauindustrieverbandes Berlin-Brandenburg e. V., Potsdam, April 1995

²⁾ Antrag auf Gewährung einer Zuwendung an das Bundesinstitut für Berufsbildung vom 19.03.1996

³⁾ Planungswerkstatt für Stadtentwicklung, P.Müller/H.Wierichs: Dokumentation, Bremen 31.10.1997

Weiterverarbeitung zur Herstellung des Gebäudes, die Gebäudenutzung, -wartung und -unterhaltung bis zu einem Abriss mit anschließender Entsorgung¹⁾. Auf der Grundlage dieses methodischen Konzepts wurde als oberstes Planungsziel die Minimierung des Ressourcen- und Energieeinsatzes in allen 'Lebensphasen' des Gebäudes formuliert und folgende Teilziele dazu festgelegt:

- geringe Bodenversiegelung
- Nutzung des Grau- und Regenwassers
- natürliche Belichtung der Räume, Maximierung der Tageslichtnutzung
- natürliche Be- und Entlüftung
- Wärmerückgewinnung
- Solarenergienutzung für die Warmwasserbereitung
- Benutzerfreundliche Systemregelung
- optimaler Wärmeschutz
(Zielgröße Heizenergiebedarf: 50 - 70 KW/m²a)
- Verwendung möglichst unbelasteter, umweltfreundlich produzierter Baumaterialien
- geringe Materialvielfalt bei Baustoffen
- Zerlegungsmöglichkeit des Gebäudes in Bauteile und Baustoffe
- Wartungs- und Austauschfreundlichkeit von Gebäudeteilen je nach Verschleißdauer

Darüber hinaus sollte die ökologische Orientierung der Bildungsstätte bereits in seiner baulichen Substanz zum Ausdruck gebracht werden, damit die Verbindung zu den zu vermittelnden Inhalten herstellen und als Anschauungsmaterial für eine ökologisch orientierte Baupraxis dienen (Baukörper = „Lehrkörper“).

¹⁾ Ausschreibungsunterlagen Architektenwettbewerb, BFW Bauindustrie e. V., Potsdam, Juni 1996, S. 19

2.3 ABBILDUNGEN



ABB.3: Grundrisse, Schnitte, Ansichten

3. KONZEPTION DER ANALYSE

3.1 GLIEDERUNG DER GEBÄUDE

Die Gestalt der Baukörper weist in beiden Fällen zwei Teile auf, die sich in Nutzung, Konstruktionsart und Baustandards grundsätzlich voneinander unterscheiden und daher auch Basis für die Aufbereitung der Daten bilden (siehe auch Punkt 1):¹⁾

- Kopfbau:
2-geschossige Anlage mit den Bereichen: Veraltung, Theorieräume, Essen/Aufenthalt, Küche, zentrale Haustechnik; kleinmaßstäbliche Konstruktionen (geringe Spannweiten) und Räume
- Hallenbau:
ebenerdige Anlage mit den Werkstätten, Lagerräumen und Sanitär-räumen (Umkleiden, Wasch-/Duschräume, WCs); Konstruktionen mit großen Spannweiten (ca. 22 m) und Geschosshöhen (ca. 5 m).

Alle für die Analyse relevanten Daten zu Massen (Flächen, Volumen), Kosten und Verbrauchsmengen werden auf diese beiden Teile bezogen.

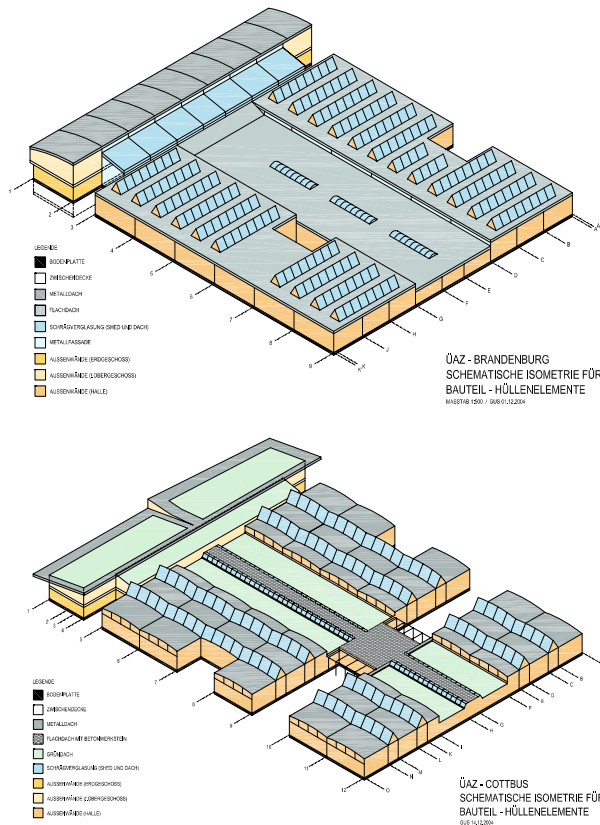


ABB. 4: Gliederung der Gebäude

¹⁾ Die Gebäudegestalt spiegelt in beiden Fällen auch idealtypisch die unter Punkt 2.1, beschriebenen Elemente des Typs 'Lehrbauhof' wieder.

3.2 MASSENERMITTLUNG

Die den Wärmeenergieeinsatz beeinflussenden Flächen der Gebäudehülle werden in ihren Dimensionen erfasst und nach den wesentlichen Flächenarten und -qualitäten für die Abschnitte: Boden, Fassaden und Dach wie folgt gegliedert:

- Boden
- Fassade
 - geschlossen
 - offen (Fenster, Türen)
- Dach
 - Flachdach (Bitumenpappe/Kies, Blecheindeckung, Grünflächen, begehbare Flächen)
 - Sheds (offen, geschlossen)

Darüber hinaus werden als Bezugsgrößen zur Ableitung von Kennzahlen¹⁾ die Dimensionen der folgenden Merkmalsklassen ermittelt:

- Nutzfläche (NF)
- beheizte Fläche (NF_E)
- Bruttogrundfläche (BGF)
- Bruttonrauminhalt (BRI)

Die Abmessungen sind den Ausführungsplänen entnommen und mit den quantitativen Angaben der Leistungsverzeichnisse im Sinne einer Plausibilitätsprüfung abgeglichen.

3.3 KOSTENERFASSUNG

Die Ordnungsstruktur der Kostengliederung entspricht der Festlegung in der DIN 276 vom Juni 1993²⁾. Die differenzierte Darstellung der Kosten bezieht sich schwerpunktmäßig auf die Kostengruppen 300 (Bauwerk – Baukonstruktionen) und 400 (Bauwerk – Technische Anlagen) in der 3. Ebene. Darüber hinaus werden die Gesamtkosten in der 1. Ebene erfasst.

Ziel der Erhebung ist eine für die beiden Projekte vergleichbare Darstellung der Kostendaten zu schaffen bezogen auf die unter Punkt 3.2 aufgelisteten Teile des Gebäudes. Von daher können im Bezug auf andere Kostenfeststellungen³⁾ Abweichungen auftreten. Als Grundlage der Kostenerfassung dienen die Leistungsverzeichnisse mit den Angebotspreisen der beauftragten Ausführungsfirmen ergänzt um die Angaben aus den Schlussrechnungen (Bruttopreise, einschl. 16 % MwSt.).

¹⁾ in Anlehnung an: VDI 3807 'Energieverbrauchskennwerte für Gebäude' Juni 1994

²⁾ DIN 276, Punkt 4.1: Die Kostengliederung sieht 3 Differenzierungsebenen vor (gekennzeichnet durch dreistellige Ordnungszahlen) in der 1. Ebene unterteilt in 7 Kostengruppen.

³⁾ - Zusammenstellung der Architekten
- Kostenprüfblätter des Bauamtes
- Baufachliche Stellungnahme der OFD Cottbus

Im Zuge der Analyse wurden die Kostendaten den DIN-Kategorien zugeordnet und nach den Gebäudeteilen 'Kopfbau' und 'Hallenbau' differenziert. Dabei wurde das vom BKI¹⁾ entwickelte Erfassungsprogramm 'erheb' verwendet, mit dessen Hilfe unterschiedliche Auswertungsebenen dargestellt werden können.²⁾

Neben den Kosten für die den Energieverbrauch beeinflussenden Hüllflächen werden die folgenden Systeme und Anlagen gesondert erfasst:

- Konstruktion des Kopfbaus und des Hallenbaus beider Projekte (BRB: Betonbau, CB: Stahlbau)
- Innenausbau insgesamt
- Sonstige Baukonstruktionen der KG 300
- Technische Anlagen (KG 400) gegliedert nach:
 - Heizung
 - Lüftung
 - Sanitär
 - Elektro
- Sondermaßnahmen am Standort Cottbus:
 - Erdkanal
 - Pflanzenkläranlage
 - 2. Wasserkreislauf (Regenwassernutzung)
 - Solaranlage
 - BUS-System

3.4 VERBRAUCHSDATEN

Das Modellprojekt Cottbus wurde mit einem umfangreichen Erfassungssystem zur Messung und Darstellung der Verbrauchswerte ausgestattet³⁾ mit dem Ziel der

- Selbstkontrolle im Nutzungsalltag (Energieeinsparung durch Rückkoppelung des Nutzungsverhaltens),
- Bereitstellung von Verbrauchsdaten für andere Einrichtungen ähnlicher Art (Schaffung von Anreizen zur Energieeinsparung durch beispielhafte Modellfälle),
- Evaluation der Planungsmaßnahmen (Verifizierung der Planungsdaten als Grundlage zur Ausschöpfung von Energie-Einsparpotentialen bei anderen Planungen).

Am Standort Brandenburg wurden nachträglich Messstellen eingebaut, um einen annähernd ähnlichen Differenzierungsgrad der Verbrauchsdatenerfassung zu erreichen⁴⁾.

¹⁾ Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern

²⁾ Beide Projekte werden auch bei BKI in der Reihe Einzeldokumentation im Herbst 2005 veröffentlicht.

³⁾ GUS, Schlussbericht Projektbegleitung, Punkt 4, S. 23

⁴⁾ Entwurfsplanung vom 24.07.2001 (HLSK) und 17.09.2001 (Elektro)

Dadurch wird bezogen auf die Teile 'Kopfbau' und 'Hallenbau' die Gegenüberstellung der folgenden Werte möglich:

- Heizenergieverbrauch (kwh/a)
- Stromverbrauch (kwh/a)
- Wasserverbrauch (m³)
- Energieeinsatz zur Warmwasserbereitung (kwh/a)

Darüber hinaus werden zur Einschätzung der Effektivität der aufgewendeten Investitionen die Bilanzwerte der folgenden Systeme am Standort Cottbus behandelt:

- Erdkanal für Raumlüftung
- Pflanzenkläranlage für Abwasser
- Solartechnik für Warmwasserbereitung
- Wasserkreislauf für Verwendung Regenwasser

Die gemessenen Daten laufen in beiden Standorten auf speziell eingerichteten Erfassungsprogrammen auf und werden nach vorgegebenen Rastern für jedes Gebäude getrennt vor Ort ausgewertet. Erste Daten wurden ab Frühjahr 2002 aufgezeichnet, vollständige Erhebungen liegen für die Jahre 2003 und 2004 vor. Die Daten beider Standorte wurden durch eine Arbeitsgruppe am KOMZET-Cottbus gesammelt und grafisch aufbereitet¹⁾. Die vorliegende Untersuchung basiert auf dieser Unterlage²⁾.

¹⁾ Multi-Media-Zentrum (MMZ); übernimmt im Auftrag des BFW auch andere gemeinsame Aufgaben für die verschiedenen Standorte (z. B. Darstellung im Internet)

²⁾ Die ursprüngliche Darstellung der Ergebnisse bezog sich auf die Jahre 2002 und 2003 und datiert vom Juni 2004 (Vorstellung anlässlich der Sitzung am 22./23.06. in Cottbus). Im Verlaufe der weiteren Bearbeitung der Daten wurde die Erhebung aufgrund von Plausibilitätsprüfungen mehrfach korrigiert und ergänzt (zuletzt am 16.06.2005) und um die Jahresdatei 2004 erweitert (10.03.2005).

3.5 ÜBERSICHT DATENVERKNÜPFUNG

Die folgende Übersicht zeigt die erhobenen Daten in ihrem konzeptionellen Zusammenhang:

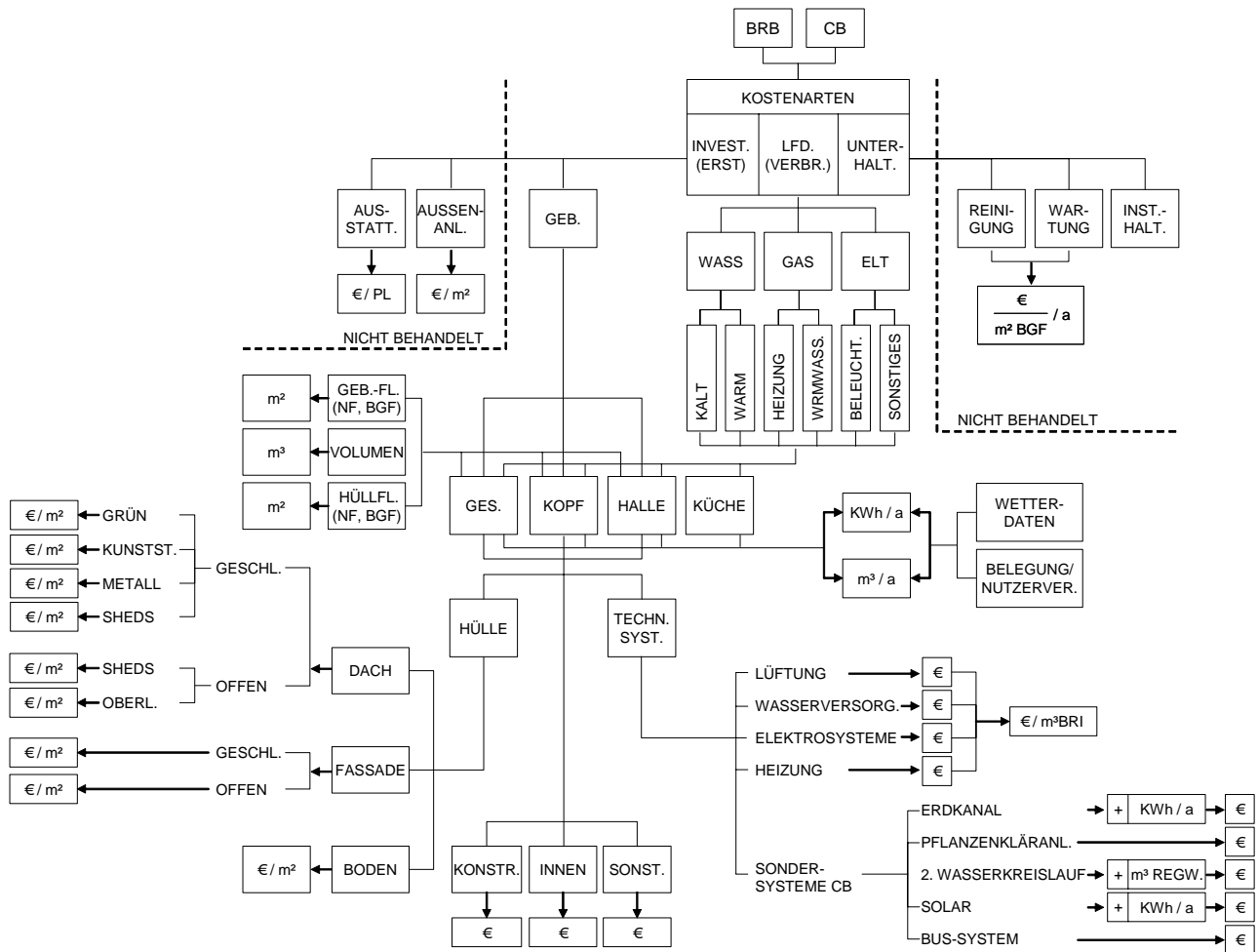


ABB. 5 Konzeption der Datenverknüpfung

4. MASSENERMITTLUNG

4.1 GEBÄUDEDIMENSIONEN

In der folgenden Tabelle sind die unter 3.2 beschriebenen Gebäudeteile in ihren Dimensionen und Anteilen für die beiden Projekte im Vergleich dargestellt. Dazu sind auch einige Grunddaten des Gebäudes mit den daraus resultierenden Kennwerten erfasst und Durchschnittswerten von Vergleichsvorhaben¹⁾ gegenübergestellt.

FLÄ- CHEN- ART	m ² (abs.)		m ² /Pl.			%		
	BRB	CB	BRB	CB	VGL ¹⁾	BRB	CB	VGL ¹⁾
HNF	4.027,0	4.176,0	25,2	26,1	23,5	100,0	100,0	100,0
NNF	542,5	379,9	3,4	2,4	2,9	13,5	9,1	12,3
NF	4.569,5	4.555,9	28,6	28,5	26,4	113,5	109,1	112,3
FF	225,3	113,3	1,4	0,7	0,8	5,6	2,7	3,4
VF	841,4	809,6	5,3	5,1	4,4	20,9	19,4	18,7
NGF	5.636,2	5.478,8	35,3	34,3	31,6	140,0	131,2	134,4
KF	576,4	574,1	3,6	3,6	2,8	14,3	13,7	11,9
BGF	6.212,6	6.052,9	38,9	37,9	34,4	154,3	144,9	146,3

TAB. 3: Grundflächen des Gebäudes

BEZEICH- NUNG		GEBÄUDEDIMENSIONEN					
		KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT	
		BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
m ² NF	abs	1.060,1	883,7	3.509,4	3.672,2	4.569,5	4.555,9
	%	23,2	19,4	76,8	80,6	100	100
m ² BGF	abs	2.076,1	1.677,4	4.136,5	4.375,5	6.212,6	6.052,9
	%	33,4	27,7	66,6	72,3	100	100
m ³ BRI	abs	8.499,9	6.788,1	19.694,7	22.538,7	28.194,6	29.326,8
	%	30,2	23,2	69,8	76,8	100	100
BGF/NF	abs	1,96	1,90	1,18	1,19	1,36	1,33
BRI/BGF	abs	4,09	4,05	4,76	5,15	4,54	4,85

TAB. 4: Gebäudekennwerte

Die beiden Projekte zeigen in ihren wesentlichen Dimensionen eine weitgehende Übereinstimmung; während die Nutzflächen nahezu identisch sind (BRB: +13,6 m²) ergeben sich bei den aus der Gebäudeplanung resultierenden Größen (Funktionsfläche, Verkehrsfläche, Bruttogrundfläche) Überhänge bei Brandenburg (FF: +112 m², d. h. 98,9 %; VF: +31,8 m², d. h. 3,9 %; BGF: +160 m², d. h. 2,6 %) und demgegenüber beim Gebäudevolumen einen Überhang bei Cottbus (+ 1.132,2 m³, d. h. 4,0 %).

¹⁾ GUS, Planungs- und Kostendaten ÜBS, Typ 'Bges',
Stand Oktober 1995

Die auffallenden Unterschiede bei der Dimensionierung der Funktionsfläche und dem Volumen (BRI) resultieren aus Planungsentscheidungen, die sich aus dem konzeptionellen Hintergrund des Modellprojektes Cottbus ergeben:

- Der geringe Flächenanteil der Funktionsflächen bei Cottbus (2,7 % der HNF) wird möglich, weil zum einen die flächenintensiven Lüftungsanlagen vorwiegend auf den Dachflächen angeordnet sind und die Verteilerstation der Heizung in Vorwand-Montage als Anschauungsobjekt ('Baukörper = Lehrkörper') in die zentrale Verkehrsachse ('Baustrasse') verlegt wurde; in Brandenburg sind die zentralen Einrichtungen im Untergeschoss des Kopfbau untergebracht.
- Das größere Volumen in Cottbus (+14,4 %) wird vor allem durch den Hallenbereich verursacht (im Kopfbau wird der Wert von Brandenburg um ca. 20 % unterschritten) und ergibt sich aus der tonnenförmigen Wölbung der Dachflächen über den einzelnen Werkstätten. Diese Form wurde gewählt, um für die Stahlkonstruktion der Hallen¹⁾ mit ihren großen Spannweiten einen möglichst günstigen Kräfteverlauf zur Minimierung des Materialeinsatzes¹⁾ zu erreichen.

Insgesamt liegen die Gebäudekennwerte beider Projekte im Mittelfeld von Durchschnittswerten ähnlicher Bauvorhaben²⁾. Abweichungen dürften zum einen auf den Unterschied zwischen Planung und Realisierung zurückzuführen sein³⁾, zum anderen aber auch auf den Zeitsprung von ca. 15 Jahren, der zwischen der 'Projektanalyse 95'⁴⁾ und den vorliegenden Fällen liegt. Grundsätzlich wird festgestellt, dass beide Projekte in ihren Gebäudekennwerten als typisch für die hier vorgestellte Gebäudeart (siehe Punkt 2.1) angesehen werden kann.

-
- ¹⁾ Entsprechend Leitziele des Modellprojekts: Verwendung natürlicher Baustoffe, Lösbarkeit der Verbindungen, Minimierung des Materialeinsatzes
- ²⁾ GUS, Planungs- und Kostendaten ÜBS, Typ 'Bges' (siehe Anhang 2)
- ³⁾ Die zitierte Projektanalyse bezieht sich ausschließlich auf Planungsdaten aus Förderanträgen; die vorliegenden Gebäudekennwerte sind aus den realisierten Projekten abgeleitet.
- ⁴⁾ Die ausgewerteten Projekte stammen vorwiegend aus der Zeitphase der 80er Jahre und es kann angenommen werden, dass die Flächenanforderungen zwischenzeitlich tendenziell eher zugenommen haben.

4.2 DIMENSIONEN DER HÜLLFLÄCHEN

In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Flächenarten der Hüllflächen in ihrer Dimension aufgelistet. Die Flächengrößen wurden sowohl aus den Ausführungsplänen als auch aus den Massenangaben der LVs und Schlussrechnungen ermittelt und sind insofern auf ihre Plausibilität hin geprüft.

TEILE DER GEBÄUDEHÜLLE			DIMENSIONEN (m ² / %)						
			KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT		
			BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB	
Boden			abs.	853,89	883,80	4.125,25	4.435,22	4.979,14	5.319,02
			%	17,1	16,6	82,9	83,4	100,0	100,0
Fassade	geschlossen	abs.	867,39	784,42	751,67	864,65	1.619,06	1.649,07	
		%	53,6	47,6	46,4	52,4	100,0	100,0	
	offen	abs.	466,89	321,62	537,50	984,30	1.004,39	1.305,92	
		%	46,5	24,6	53,5	75,4	100,0	100,0	
	Σ		abs.	1.334,28	1.106,04	1.289,17	1.848,95	2.623,45	2.954,99
			%	50,9	37,4	49,1	62,6	100,0	100,0
Dach	Flachdach (geschl.)	Kunststoff	abs.	-	-	3.337,60	-	3.337,60	-
		%	-	-	100,0	-	100,0	-	
	Met.	abs.	829,59	124,15	-	2.539,90	829,59	2.664,05	
		%	100,0	4,7	-	95,3	100,0	100,0	
	Grün	abs.	-	828,35	-	924,00	-	1.752,35	
		%	-	47,3	-	52,7	-	100,0	
	begehb. bar	abs.	-	-	-	364,0	-	364,0	
		%	-	-	-	100,0	-	100,0	
	Σ		abs.	829,59	952,50	3.337,60	3.827,90	4.167,19	4.780,40
			%	19,9	19,9	80,1	80,1	100,0	100,0
	Sheds/Schräg-	offen	abs.	307,50	0,49	1.038,48	1.235,83	1.345,98	1.236,32
			%	22,8	0,1	77,2	99,9	100,0	100,0
	Vergl., Licht-Kupp.	geschl.	abs.	-	-	106,95	341,80	106,95	341,80
			%	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0
Σ		abs.	307,50	0,49	1.145,43	1.577,63	1.452,93	1.578,12	
		%	24,2	0,1	78,8	99,9	100,0	100,0	
Σ		abs.	1.137,09	952,99	4.483,03	5.405,53	5.620,12	6.358,52	
		%	20,2	15,0	79,8	85,0	100,0	100,0	
HÜLLFLÄCHE			abs.	3.325,26	2.942,83	9.897,45	11.689,70	13.222,71	14.632,53
GESAMT			%	25,2	20,1	74,8	79,9	100,0	100,0

TAB. 5.1: Massenermittlung Hüllflächen

Zur Übersicht sind in der folgenden Aufstellung die Flächensummen der Hüllflächen nach ihren Primärelementen: Boden/Fassade/Dach zusammengefasst.

TEILE DER GEBÄUDEHÜLLE		DIMENSIONEN (m ² / %)					
		KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT	
		BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
Boden	abs.	853,89	883,80	4.125,25	4.435,22	4.979,14	5.319,02
	%	25,7	30,0	41,7	37,9	37,7	36,4
Fassade	abs.	1.334,28	1.106,04	1.289,17	1.848,95	2.623,45	2.954,99
	%	40,1	37,6	13,0	15,8	19,8	20,2
Dach	abs.	1.137,09	952,99	4.483,03	5.405,53	5.620,12	6.358,52
	%	34,2	32,4	45,3	46,3	42,5	43,4
GESAMT	abs.	3.325,26	2.942,83	9.897,45	11.689,70	13.222,71	14.632,53
	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

TAB. 5.2: Zusammenfassung Hüllflächen

Die Gesamtdimensionen der Hüllflächen beider Projekte weichen um ca. 10 % (+CB) von einander ab. Im Wesentlichen ergibt sich dieser Unterschied aus einer deutlich höheren Fassadenfläche im Hallenbau bei Cottbus (+43 %), verursacht durch die beiden tiefen Einschnitte im hinteren Gebäudebereich. Auch die Dachfläche (+13 %) und die Bodenfläche (+7 %) im Projekt Cottbus liegt über den Werten von Brandenburg.

Zur Einschätzung der Gebäudekompaktheit als eine wesentliche Kenngröße für die geometrischen Eigenschaften eines Gebäudes im Hinblick auf einen wirtschaftlichen Mitteleinsatz (Materialien, Energie) wird die Hüllfläche in ein Verhältnis zu dem eingeschlossenen Volumen gesetzt und mit dem jeweiligen Idealwert einer Kugel mit gleichem Volumen verglichen¹⁾. Dazu ergeben sich folgende Werte:

PROJEKT	HÜLLF. (H) m ²	VOLUMEN (V) m ³	KENNWERT: A / V		
			PROJ.	KUGEL	ABW.
Brandenburg	13.222,71	28.194,60	0,47	0,16	+2,95
Cottbus	14.632,53	29.326,80	0,50	0,16	+3,18

TAB. 6: Gebäudekompaktheit

Aus dieser Aufstellung ergibt sich für Cottbus eine um ca. 8 % geringere Kompaktheit des Baukörpers.

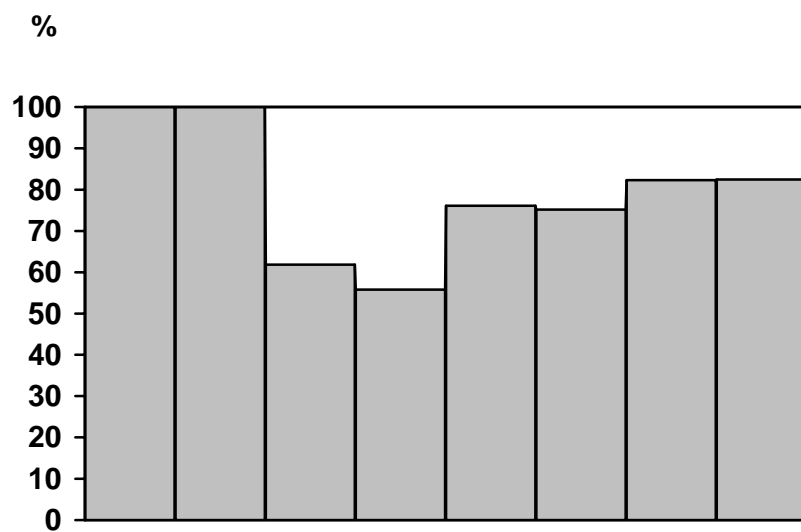
Auch ein anderer Indikator für die Wirtschaftlichkeit der Gebäudegeometrie ergibt für das Projekt Cottbus einen ungünstigeren Wert²⁾: Zur Umhüllung der Bruttogrundfläche ergibt sich im Fall Brandenburg der 2,13-fache Umfang, während im Fall Cottbus der 2,42-fache Umfang (= +13,6 %) aufgewendet wird.

¹⁾ Die Kugel ist derjenige geometrische Körper, bei dem das Volumen mit einem Minimum an Hüllfläche umschlossen ist.

²⁾ Hüllfläche (H) / Bruttogrundfläche (BGF)

Hinsichtlich der Gliederung der Hüllflächen in geschlossene und offene (Fenster/Türen) Anteile zeigt sich für die beiden Projekte folgendes Bild:

		BODEN		FASSADE		DACH		GESAMT	
		BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
KOPFB.	G	100,0	100,0	65,1	70,9	73,2	99,9	76,9	89,1
	O	-	-	34,9	29,1	26,8	0,1	23,1	10,9
HALLB.	G	100,0	100,0	58,3	46,8	76,8	77,1	84,1	81,0
	O	-	-	41,7	53,2	23,2	22,9	15,9	19,0
GES.	G	100,0	100,0	61,8	55,8	76,1	75,2	82,3	82,6
	O	-	-	38,2	44,2	23,9	24,8	17,7	17,4



TAB. 7: Geschlossene (G)/Offene (O) Hüllflächen (in %)

Im Ergebnis der Gegenüberstellung zeigt sich:

- ein höherer G-Anteil für Cottbus bei Fassade und Dach im Kopfbau (Ursache: die große Fläche der Schrägverglasung in Brandenburg)
- ein höherer G-Anteil für Brandenburg bei Fassade und Dach im Hallenbau (Ursache: durchgehende Schrägverglasung im Mittelflur und größere Fassadenabwicklung mit höherem Fensteranteil in Cottbus)
- bezogen auf das Gesamtgebäude ergeben sich annähernd ähnliche Verhältnisse:
BRB: 82,3 (G)/17,7 (O) %; CB: 82,6 (G)/17,4 (O) %.

5. QUALITÄTEN DER GEBÄUDETEILE

5.1 GLIEDERUNG

Die konstruktiven und materiellen Qualitäten der Bauteile, die das Volumen des Gebäudes umhüllen, unterscheiden sich in beiden Projekten aufgrund ihrer konzeptionellen Hintergründe grundsätzlich voneinander (siehe Punkt 2.2). Für beide Gebäude ist jedoch gleichermaßen bezeichnend, dass die Teile 'Kopfbau' und 'Hallenbau' am jeweiligen Standort in ihrer Tragkonstruktion, im konstruktiven Aufbau der Hüllflächen und Materialwahl voneinander abweichen. Die Gegenüberstellung der Qualitäten erfolgt daher für die beiden Gebäudeteile getrennt.

5.2 LISTE DER QUALITÄTEN

In der folgenden Auflistung sind die Qualitäten der wesentlichen Hüllflächenelemente in ihren Titeln aufgeführt. Eine differenzierte Beschreibung ist im Anhang 4 enthalten.

KOPFBAU

BRANDENBURG	
Boden	Bodenplatte (Beton) ungedämmt, Estrich (UG)
	Bodenplatte (Beton) mit 80 mm Perimeterdämmung, Estrich, verschiedene Beschichtungen: - Anstrich - Fliesen - Hartbeläge (Gumminoppenbelag)
Fassade	Ortbetonwand gegen Erdreich (UG)
	KS-Wand mit 40 mm Wärmedämmverbundsystem (WD: 25 mm), Anstrich gegen Erdreich im UG
	Ortbetonwand, Wärmedämmung (80 mm Fass.-Dämm-Platten), Ziegelverblendung
	Metall-Ständerwand mit teilweise geschlossenen Brüstungs-Paneelen (Metall-Abdeckung, Dämmung: 80.mm Mineralwolle), teilweise geschosshoch verglast
	Fensterbänder in Mischkonstruktion (Holz/Alu) und Metallfenster (Alu)
Dach	Bogendach: Wellabdeckung (Metall), Mineralfaserdämmung, 120 mm, abgehängte Decke (Gipskarton)
	Schrägverglasung in Stahlkonstruktion, Lüftungsflügel
COTTBUS	
Boden	Bodenplatte (Beton), 250 mm Dämmung (Blähton-Schüttung, Estrich, verschiedene Beschichtungen: - Anstrich (Aufzugs-Unterfahrt) - Fliesen - Hartbeläge (Linoleum)

COTTBUS	
Fassade	Holzkonstruktion mit 18 mm Zelluloseschicht als Kerndämmung; nach außen: Holzfaserdämmung, Hinterlüftung, Holz-Stulpschalung; nach innen: OSB-Platten, Zellulosedämmung 40 mm, Gipsfaserplatte
	KS-Wand (24 mm), KZ-Putz, Zellulosedämmung (85 mm); Holzfaserdämmplatte, Hinterlüftung, Holz-Stulpschalung
	KS-Wand (240 mm), KZ-Putz, Perliteschüttung (100 mm), KS-Vormauerung (115 mm)
	KS-Wand (175 mm), KZ-Putz, Schaumglas (60 mm), Winkelstehfalzdeckung (Titanzink)
	Holzkonstruktion mit 180 mm Zellulosedämmung; nach außen: Holzfaserdämmplatte; Luftschicht, Holz-Stulpschalung; nach innen: OSB-Platten, Luftschicht, Sperrholzplatte
	Pfosten-Riegel-Konstruktion, geschosshoch verglast
Dach	Kreuzbalkendecke (100 mm), Zellulosedämmung (200 mm), Holzschalung, Bitumendachbahn, Wurzelschutzfolie, Dachbegrünung (100 mm)

TAB. 8.1: Qualitätsarten der Hüllflächenelemente Kopfbau

HALLENBAU

BRANDENBURG	
Boden	Bodenplatte (Beton) mit 80 mm Perimeterdämmung, Mörtelbett und keramischer Plattenbelag im Rüttelverfahren
	Bodenplatte (Beton) mit 80 mm Perimeterdämmung, Estrich, verschiedene Beschichtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Fliesen (Umkleiden/Duschen) - Hartbeläge (Gumminoppenbelag) - Stirnholzpflaster (Holzwerkstätten)
	offener Boden (Tiefbauwerkstatt)
Fassade	Brüstungsbereich: Verblendmauerwerk 11,5 cm, Hinterlüftung, Fass.-Dämmplatten (Styrodur) 80 mm, Mauerwerk bzw. Betonwand
	Fensterbereich: Metallkonstruktion (Alu-eloxiert), Fensterpaneele
	Mineralputz (gestrichen), Wärmedämmplatten (Steinwolle) 80 mm, Mauerwerk bzw. Betonwand
Dach	Kiesschüttung, Wärmedämmung (Hartschaumplatten) 120 mm, Betondecke
	Shedkonstruktion (2 x 60°), Polycarbonat-Stegdoppelplatten, 16 mm, opak eingefärbt

COTTBUS	
Boden	<p>Bodenplatte (Beton) auf 100 mm Schaumglas-Dämmung verschiedene Beschichtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrich - Fliesen - Betonwerkstein - Holzpflaster <p>offener Boden (Tiefbauwerkstatt)</p>
Fassade	<p>Brüstungsbereich/geschosshoch: Fassadenplatte (Sperrholz 21 mm), Hinterlüftung, Holzfaserdämmplatte 18 mm, Zellulosedämmung 120 mm, Sperrholzplatte (innen) 21 mm</p> <p>Fensterbereich: Holzrahmenkonstruktion, Fensterpaneele</p>
Dach	<p>Titanzink-Tonnendach, Holzfaserdämmplatte 18 mm, Zellulosedämmung 200 mm in Holzrahmenelementen, OSB-Platten 18 mm</p> <p>Gründach (extensiv) 100 mm, Wurzelschutzfolie, Zellulosedämmung 200 mm, Kreuzbalkendecke 240 mm</p> <p>Grobkies oder Betonplatten (begehbare Dachfläche), Zellulosedämmung 200 mm, Kreuzbalkendecke 100 mm</p> <p>Shedkonstruktion auf räumlichen Stahl-Flachwerkträger aufgelagert, Pfosten-Riegel-Konstruktion (Alu-Holz), Verglasung Polycarbonat-Stegdoppelplatten 25 mm</p>

TAB. 8.2: Qualitätsarten der Hüllflächenelemente Hallenbau

6. KOSTEN

6.1 GESAMTKOSTEN

Da beide Projekte mit öffentlichen Mitteln gefördert wurden (Verfahren nach Z-Bau), liegen die im Zuge des Verwendungsnachweises darzustellenden Übersichten der Gesamtausgaben vor. Diese Kostenaufstellungen dienen ausschließlich dem Zweck des Nachweises der Mittelverwendung und sind nicht durchgehend nach systematischen Aspekten gegliedert. Daher sind diese Angaben für eine vergleichende Kostenanalyse untauglich. Dennoch wird in der folgenden Tabelle zur besseren Orientierung getrennt für beide Projekte¹⁾ eine Zusammenstellung der Kosten dargestellt, wie sie zur Prüfung des Verwendungsnachweises vorgelegt wurden.

KOSTENGRUPPEN		INVESTITIONSKOSTEN (€)	
NR.	BEZEICHNUNG	ABSOLUT	%
100	BRANDENBURG ²⁾	39.775,49	0,49
	Baugrundstück ³⁾		
200	Erschließung	12.005,92	0,14
300	Bauwerke	7.621.055,20	100,00
400	Geräte	943.375,51	
500	Außenanlagen	880.949,29	10,29
600	Zusätzliche Maßnahmen	39.911,45	0,47
700	Baunebenkosten	1.601.375,54	18,69
GESAMTKOSTEN		11.138.448,40	130,05
100	COTTBUS ⁴⁾	-	-
	Grundstück		
200	Herrichten u. Erschließen	109.543,98	1,38
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	5.866.018,98	100,00
400	Bauwerk – Technische Anlagen	2.073.319,55	
500	Außenanlagen	635.264,48	8,00
600	Ausstattung und Kunstwerke ⁵⁾	76.664,79	0,97
700	Baunebenkosten	1.600.561,51	20,15
GESAMTKOSTEN		10.361.373,29	130,50

TAB. 9: Gesamtkosten nach VN-Vorlagen

¹⁾ Die Auflistung der Kostenzusammenstellung muss getrennt erfolgen, da im Falle Brandenburg die DIN 276 mit Stand vom November 1988 verwendet wurde, in Cottbus die DIN 276 mit Stand vom Juni 1993.

²⁾ Aufstellung durch BFW, Schreiben vom 23.09.2003

³⁾ ohne Kaufpreis und Nebenkosten

⁴⁾ Aufstellung durch BFW, Schreiben vom 22.09.2003 (Stand: 23.06.2002)

⁵⁾ ohne ecopro und Messstellen BRB

Die folgenden projektspezifischen Hintergründe behindern die Vergleichbarkeit sowohl der Gesamtsumme als auch der Einzelsummen in den Kostengruppen:

- Verschiedene Gliederungsprinzipien der Kostenerfassung (siehe Anm.1, S. 24),
- Unterschiedliche Art und Größe des Grundstücks mit Auswirkungen in den KG 1, 2 und 5,
- Unterschiedliche Leistungen in den Kostengruppen (z. B. Sondersysteme der Gebäudetechnik in Cottbus).

Von daher ist eine grundsätzliche Neustrukturierung aller Daten erforderlich (siehe Punkt 3.3).

6.2 DIFFERENZIERUNG DER SBK

In den folgenden Tabellen ist das Ergebnis der Kostenerhebung, wie unter 3.3. erläutert, für die Kostengruppen 300 und 400 nach den die Energieverbrauchsbilanz prägenden Gebäudebereichen differenziert. Eine weitergehende Aufgliederung der Kosten ist im Anhang 5 beigefügt.

Zur Abrundung der Gesamtaufwendungen der 'SBK' (Summe Bauwerkskosten, d. h. Summe KG 300 + 400) und zum Vergleich mit anderen Vorhaben wird die Darstellung ergänzt um die Kategorien:

- Konstruktion (tragende Bauteile wie: Fundamente, Wände, Stützen, Unterzüge, Decken, Treppen)
- Innenausbau (nicht - tragende Trennwände mit Türen / Fenstern, Oberflächenbeläge und Verkleidungen, besondere Bauteile und System innen)
- Sonstige Baukonstruktionen (Sonderkonstruktion an Fassade wie Sonnenschutz, Vordächer; Dachentwässerung, Baugrube, Gerüste und Baustelleneinrichtung, besondere Bauteile und Systeme außen)

Weiterhin sind die besonderen technischen Einrichtungen am Standort Cottbus getrennt ausgewiesen.

BRANDENBURG

GEBÄUDEBEREICH				INVESTITIONSKOSTEN (€)		
				KOPFBAU	HALLENB.	GESAMT
Hülle	Boden		178.601,08	470.357,75	648.958,83	
	Fassade	geschlossen	152.066,63	128.048,40	280.115,03	
		offen	240.100,06	237.672,73	477.772,79	
		Fassade Σ	392.166,69	365.721,13	757.887,82	
	Dach	geschl.	Pappe/Kies	-	223.684,60	223.684,60
			Metall	110.429,79	-	110.429,79
			Grün	-	-	-
			begehbar	-	-	-
			Sheds	-	6.914,70	6.914,90
			Σ	110.429,79	230.599,30	341.029,09
		offen	Sheds	-	216.738,86	216.738,86
			Oberlicht	102.213,33	17.670,48	119.883,81
			Σ	102.213,33	234.409,34	336.622,67
			Dach Σ	212.643,12	465.008,64	677.651,76
	Hülle Σ		783.410,89	1.301.087,52	2.084.498,41	
Konstruktion			425.547,32	780.370,64	1.205.917,96	
Innenausbau			525.526,74	605.578,22	1.131.104,96	
Sonstige Baukonstruktionen			175.943,74	234.380,79	410.324,53	
KG 300 Σ			1.910.428,69	2.921.417,17	4.831.845,86	
Technik	Heizung		122.947,41	276.571,04	399.518,45	
	Lüftung		116.852,16	139.903,96	256.756,12	
	Sanitär		56.867,37	230.563,63	287.431,00	
	Elektro (incl. Aufzug)		423.073,63	472.837,37	895.911,00	
	Σ		719.740,57	1.119.876,00	1.839.616,57	
	Ergänzung Messgeräte ¹⁾				97.335,93	
KG 400 Σ					1.936.952,50	
GESAMT SBK (KG 300 + 400)					6.768.798,36	

TAB. 10.1 Summe Baukosten (SBK) nach Gebäudebereichen im Projekt Brandenburg

1) Abrechnung Gesamtkosten: (lt. Aufstellung BFW)	HLS	€ 74.881,06	
	ELT	€ 22.454,87	€ 97.335,93
	Nebenkosten	€ 27.996,09	
	Gesamt	€ 125.332,02	(DM 245.128,14)

COTTBUS

GEBÄUDEBEREICH			INVESTITIONSKOSTEN (€)			
			KOPFBAU	HALLENB.	GESAMT	
Hülle	Boden		138.153,62	539.523,29	677.676,91	
	Fassade	geschlossen	293.007,08	124.693,53	417.700,61	
		offen	81.480,50	511.329,50	592.810,00	
		Fassade Σ	374.487,58	636.023,03	1.010.510,61	
	Dach	geschl.	Pappe/Kies	-	-	-
			Metall	7.539,08	484.871,86	492.410,94
			Grün	117.788,43	124.534,43	242.322,86
			begehbar	-	63.846,42	63.846,42
			Sheds	-	55.046,80	55.046,80
			Σ	125.327,51	728.299,51	853.627,02
		offen	Sheds	-	174.314,87	174.314,87
			Oberlicht	595,10	100.814,82	101.409,92
		Σ	595,10	275.129,69	275.724,79	
		Dach Σ	125.922,61	1.003.429,20	1.129.351,81	
		Hülle Σ	638.563,81	2.178.975,52	2.817.539,33	
Konstruktion			594.556,68	823.281,40	1.417.838,08	
Innenausbau			378.997,50	411.953,86	790.951,36	
Sonstige Baukonstruktionen			129.239,48	401.552,05	530.791,53	
KG 300 Σ			1.741.357,47	3.815.762,83	5.557.120,30	
Technik	Heizung		32.843,78	187.293,63	220.137,41	
	Lüftung		39.325,57	142.782,56	182.108,13	
	Sanitär		97.389,15	172.991,02	270.380,17	
	Elektro (incl. Aufzug)		242.430,67	516.250,06	758.680,73	
	Σ		411.989,17	1.019.317,27	1.431.306,44	
KG 300 + 400 (ohne Sondereinrichtung) Σ			2.153.346,64	4.835.080,10	6.988.426,74	
Technik	Sonder-Systeme Cottbus	Erdkanal			68.181,99	
		Pflanzenkläranlage			76.624,36	
		2. Wasserkreislauf			11.695,76	
		Solaranlage			37.016,92	
		BUS-System			262.825,10	
		Σ			456.344,13	
KG 400 (incl. Sondereinrichtungen)					Σ 1.887.650,57	
GESAMT SBK (KG 300 + 400)					7.444.770,87	

TAB. 10.2 Summe Baukosten (SBK) nach Gebäudebereichen im Projekt Cottbus

Zusammengefasst ergeben sich in der Gegenüberstellung beider Projekte für die Gebäudebereiche folgende Kosten:

GEBÄUDEBE- REICH		KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT	
		BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
Hülle	abs.	783.411	638.564	1.301.088	2.178.976	2.084.499	2.817.540
	%	37,6	22,7	62,4	77,3	100	100
Konstruk- tion	abs.	425.547	594.557	780.371	823.281	1.205.918	1.417.838
	%	35,3	41,9	64,7	58,1	100	100
Innen- ausbau	abs.	525.527	378.998	605.578	411.954	1.131.105	790.952
	%	46,5	47,9	53,5	52,1	100	100
Sonstige Baukosten	abs.	175.944	129.239	234.381	401.552	410.325	530.791
	%	42,9	24,3	57,1	75,7	100	100
Σ KG 300		abs.	1.910.429	1.741.357	2.921.418	3.815.763	4.831.847
		%	39,5	31,3	60,5	68,7	100
Technische Anlagen						1.936.953	1.431.306
Sondersysteme CB						-	456.344
Σ KG 400						1.936.953	1.887.650
GESAMT SBK (Σ KG 300 + 400)						6.768.800	7.444.770
KG 300: Bauwerk - Baukonstruktionen		abs.	4.831.847	5.557.120			
		%	71,4	74,6			
KG 400: Bauwerk – Technische Anlagen		abs.	1.936.953	1.887.650			
		%	28,6	25,4			
SBK: Summe Bauwerkskosten		abs.	6.768.800	7.444.770			
		%	100	100			

TAB. 11: Zusammenstellung Summe Baukosten (SBK)

6.3 KENNWERTE

1. Hüllflächenwerte

Die Gebäudehülle ist der den Heizenergieeinsatz entscheidend prägende Faktor. Daher werden in einem ersten Schnitt die aufgewendeten Kosten auf die realisierten Einzelflächen der Hüllflächenteile bezogen. Damit ergibt sich ein direkter Kostenvergleich der verschiedenen Qualitäten in den beiden Projekten:

HÜLLFLÄCHENTEILE		KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT		
		BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB	
Boden		m ²	853,89	883,80	4.125,25	4.435,22	4.979,14	5.319,02
		€	178.601	138.154	470.358	539.523	648.959	677.677
		€/m ²	209,16	156,32	114,02	121,62	130,33	127,41
Fassade	geschl.	m ²	867,39	784,42	751,67	864,65	1.619,06	1.649,07
		€	152.067	293.007	128.048	124.694	280.115	417.701
		€/m ²	175,32	373,53	170,35	144,21	173,01	253,30
	offen	m ²	466,89	321,62	537,50	984,30	1.004,39	1.305,92
		€	240.100	81.481	237.673	511.330	477.773	592.810
		€/m ²	514,25	253,35	442,18	519,49	475,69	453,94
	Σ	m ²	1.334,28	1.106,04	1.289,17	1.848,95	2.623,45	2.954,99
		€	392.167	374.488	365.721	636.024	757.888	1.010.511
		€/m ²	293,92	338,58	283,69	343,99	288,69	341,97
Dach	geschl.	m ²	829,59	952,50	3.444,55	4.169,70	4.274,14	5.122,20
		€	110.430	125.328	230.599	728.300	341.029	853.628
		€/m ²	133,11	131,58	66,95	174,67	79,79	166,65
	offen	m ²	307,50	0,49	1.038,48	1.235,83	1.345,98	1.236,32
		€	102.213	595	234.409	275.130	336.622	275.725
		€/m ²	332,40	1.214,29	225,72	222,63	250,09	223,02
	Σ	m ²	1.137,09	952,99	4.483,03	5.405,53	5.620,12	6.358,52
		€	212.643	125.923	465.008	1.003.429	677.651	1.129.352
		€/m ²	187,00	132,14	103,73	185,63	120,58	177,61
GESAMT		m ²	3.325,26	2.942,83	9.897,45	11.689,70	13.222,71	14.632,53
		€	783.411	638.565	1.301.086	2.178.976	2.084.498	2.817.540
		€/m ²	235,59	216,99	131,46	186,40	157,65	192,55

TAB 12: Kostenkennwerte der Hüllfläche

2. Gebäudeflächenwerte

Über den Kostenbezug zu der Bruttogrundfläche des Gebäudes werden in einem nächsten Schritt allgemeine Planungskennwerte erzeugt:

	INVESTITIONSKOSTEN: €/ m² BGF					
	KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT	
	BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
Bruttogrundfl. (BGF) m²	2.076,1	1.677,4	4.136,5	4.375,5	6.212,6	6.052,9
Gebäudehülle	377,35	380,69	314,54	497,99	335,53	465,49
Konstruktion	204,97	354,45	188,66	188,16	194,11	234,24
Innenausbau	253,13	225,94	146,40	94,15	182,07	130,67
Sonstiges	84,75	77,05	56,66	91,77	66,05	87,69
KG 300 Σ	920,20	1.038,13	706,26	872,07	777,76	918,09
Technik					311,78	236,47
Sondersysteme CB					-	75,39
KG 400 Σ					311,78	311,86
GESAMT SBK (KG 300 + 400)					1.089,54	1.229,95

TAB 13: Kostenkennwerte BGF

3. Platzkostenwerte

Da beide Projekte die gleiche Betriebsgröße aufweisen, werden die Kosten in einem dritten Schritt auf die vorhandenen 160 Plätze bezogen:

	INVESTITIONSKOSTEN: €/ Platz					
	KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT	
	BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
Gebäudehülle	4.896	3.991	8.132	13.619	13.028	17.610
Konstruktion	2.660	3.716	4.877	5.146	7.537	8.861
Innenausbau	3.285	2.369	3.785	2.575	7.069	4.943
Sonstiges	1.100	808	1.465	2.510	2.565	3.317
KG 300 Σ	11.940	10.883	18.259	23.849	30.199	34.732
Technik					12.106	8.946
Sondersysteme CB					-	2.852
KG 400 Σ					12.106	11.798
GESAMT SBK (KG 300 + 400)					42.305	46.530

TAB 14: Platzkostenwerte

7. ENERGIEEINSATZ

7.1 GEBÄUDETECHNIK

Neben den Konstruktionen der umhüllenden Bauteile in Boden, Fassade und Dach und der dabei verwendeten Materialien (siehe Punkt 4.2) sind Informationen über die technischen Anlagen, Ver- und Entsorgungsmedien und die Leistungskennzahlen der Gerätschaften als Erläuterung zum Verständnis des Energieverbrauchs erforderlich (für die Berechnungsverfahren des Energiebedarfs ohnehin notwendig). Daher werden nachfolgend die wesentlichen Systeme und Ausstattungen der beiden Objekte getrennt aufgelistet:

1. Standort Brandenburg

- Heizungsanlage
 - Brennstoff: Erdgas
 - Wärmeerzeugung: Anlage bestehend aus:
 1. Niedertemperatur Heizkessel, 460 kw
 2. Brennwertkessel, 575 kw
 - Raumheizflächen: Stahlröhrenradiatoren, z. T. mit Strahlungsschirm im Brüstungsbereich; Deckenstrahlplatten
- Warmwasserbereitung
 - Speicher Brauchwassererwärmer 500 l
 - Wärmetauscher-Set bis max. 55 °C
- Lüftungsanlagen Gliederung in separate Anlagen für die Bereiche:
 - Speisesaal: Zentralgerät (Zu- und Abluft) 80 kw, Zuluftventilator 10.000 m³/h, Abluftventilator 8.000 m³/h
 - Küche: Zuluftgerät 56 kw, Zuluftventilator 5.000 m³/h; Abluftgerät 1,5 kw, Abluftventilator 5.000 m³/h; Abluftgerät (Grill) 1,1 kw, Abluftventilator 2.500 m³/h
 - Umkleiden: 4 Dunstabzugshauben (1.000–3.500 m³/h) Zentralgerät (Zu- und Abluft) 26 kw, Zuluftventilator 2.100 m³/h, Abluftventilator 2.100 m³/h
 - Werkstätten: 10 Luftheizgeräte je 35 kw, 3.000 m³/h Einzelventilatoren
 - Maschinenhalle: Späneabsauganlage, 5,5 kw, Volumenstrom 5.185 m³/h
- Sanitäranlagen
 - Abwasser: Grundleitungen PVC-Kanalrohre, Regenleitungen SML-V-Verbundrohr System, 2 automatische Schmutzwasser-Hebeanlagen
 - Frischwasser: Rohrleitungen aus hochlegiertem Stahl, Schmutzfilter für Trinkwasser
 - Warmwasser: Rohrleitungen aus nahtlosem, ummanteltem Kupferrohr, wärme gedämmt mit PVC-Hülle

- Elektroanlagen
 - Starkstrom: Hauptverteiler im Kellergeschoß;
Einspeisung über Abnehmertrafostation;
Küchen-Verteiler mit Zwischenzähler
Unterverteiler nach Raumbereichen
differenziert (Kopfbau, Hallenbau in Flurzone und
in jeder Werkstatt)
PVC-Mantelleitungen weitgehend auf offenen Ka-
beltrassen verlegt, z. T. auch in Mauerschlitzen,
Rohren oder Steigtrassen
Sicherheitsbeleuchtung über Zentralbatterieanlage
Beleuchtungsanlage mit verschiedenen Leuchten-
arten (freihängend, Einbau in Decke, Wand, Pen-
del), energiesparende Systeme, ausgelegt nach
lichttechnischem Gutachten
 - Blitzschutzanlage: DIN VDE 0185 T1
 - Fernmelde- und TK-Anlage in sternförmigen Netz mit
informationstechn. Zentrale für ca. 40 Endgeräte-Anschlüsse
 - Anlagen: Personenrufanlage / Ela-Anlage
Antennenanlage (für Kopfbau)
Hausalarmanlage
Einbruchmeldeanlage
 - Systemsteuerung: Zentraleinheit zur Steuerung von
Rolläden / Markisen mit integrierter Zeit- und
Dämmerungsautomatik sowie Wind-, Regen-,
Wende- und Sonnenautomatik
- MSR-Anlage
 - Auslegung für Steuerung Heizung (50 %) und Lüftung (50 %); zu
40 % bezogen auf Wärmeerzeugungsanlage Kopfbau, zu 60 % für
Hallenbau; DDC-Zentrale mit Bus- und Modemanschluss
 - Feldgeräte: Witterungsfühler
Anlegetemperaturfühler
Raumtemperaturfühler
Tauchtemperaturfühler
Kanalfrostschutzwächter
Differenzdruckregler
Kanaltemperaturfühler
- Küche
 - Ausstattung: Geschirrspülautomat: 10,1 kw
Elektroherd: 11,5 kw
Elektro-Kippbratpfanne: 10,55 kw
Elektro-Schnellkochkessel: 18,6 kw
Elektro-Kombigarer: 18,9 kw
Elektro-Friteuse: 12,0 kw
Elektro-Bratplatte: 3,5 kw
Mikrowelle: 3,2 kw
Warmausgabegerät: 4,5 kw
Aufsatzbord/Hustenschutz: 2,5 kw
Kaffee- und Teebrühmaschine: 6,0 kw
Tassenwärmer: 6,0 kw
Kühlaggregat
Leistung bei Kühlraumtemperatur
+ 5° C und UT +32°C: 1,302 kw

2. Standort Cottbus

- Heizungsanlage
 - Brennstoff: Erdgas
 - Wärmeerzeugung: Anlage bestehend aus:
 1. Niedertemperatur Heizkessel als Brennwertkessel bei 80/60½ C: 285 kw
bei 40/30½ C: 314 kw
 2. Niedertemperatur Heizkessel als Dreizugkessel bis 120½ C: 345 kw
 - Raumheizflächen: Stahlröhrenradiatoren
Flachheizkörper
Unterflurkonvektoren
Deckenstrahlplatten
- Warmwasserbereitung
 - Speicher Brauchwassererwärmer 500 l
 - Beheizung durch Solaranlage (20 Kollektoren je 2,2 m² und 3.000 l Puffer Speicher) oder Kesselanlage
- Lüftungsanlagen
 - Gliederung in separate Anlagen für die Bereiche:
 - Foyer: Abluftventilator 1.200 m³/h
 - Küche:
 - Zuluftgerät 9.500 m³/h
(Luftherhitzer: QH = 121 kw);
 - Abluftgerät (Fettküche) 7.900 m³/h;
 - Abluftventilator (Spülküche) 1.200 m³/h;
 - Abluftventilator (WC-Küche) 450 m³/h;
 - 4 Dunstabzugshauben (1.000 - 4.000 m³/h)
 - Umkleiden:
 - Zuluftgerät 7.500 m³/h
(Luftherhitzer QH = 90 kw)
 - verbunden mit: Erdkanal (5 Leitungen je ca. 65 m, Gesamtquerschnitt 0,95 m²) zur Vorwärmung der Zugluft;
 - Abluftventilator (WC-Umkl.) 400 m³/h;
 - Werkstätten:
 - 2 Zu- und Abluftgeräte je 8.000 m³/h
(Luftherhitzer QH = 12 kw)
 - Maschinenhalle:
 - Späneabsauganlage, 5,5 kw,
Volumenstrom 5.300 m³/h;
- Sanitäranlagen
 - Abwasser: Grundleitungen SML/TML Rohre mit Anschluss an: Ausfallgrube (2 x 11,5 m³)
(Pflanzenkläranlage)
 - Regenwasser: Ableitungen in PP-Muffenrohr mit Anschluss an: Zisternenanlage (Füllmenge: 3 x ca. 11 m³) und Rigolenversickerung
 - Frischwasser: Leitungen PE-Rohr mit Anschluss an öff. Versorgung
 - Warmwasser: Leitungen PE-Rohr, wärmegeklämt mit Mineralfaserdämmung und Blechmantel (verzinkt)

- Elektroanlagen
 - Starkstrom: Hauptverteiler im Anschlussraum Kopfbau (Einspeisung über vorh. Trafostation)
Küchen-Verteiler mit Zwischenzähler
Unterverteiler nach Raumbereichen differenziert (Kopfbau, Hallenbau in Flurzone und in jeder Werkstatt)
Kunststoff-Mantelleitungen in Schienen-Kanalsystem z. T. Aufputz-Inst. oder Fußbodenkanäle
Beleuchtungsanlage mit verschiedenen Leuchtenarten (freihängend, Einbau in Decke, Wand, Pendel), energiesparende Systeme, ausgelegt nach lichttechnischem Gutachten
 - Blitzschutzanlage: Schutzklasse I nach ENV 61024-1
 - Fernmelde- und Fernsprech- und Datenleitungen als strukturiertes Netz für ca. 40 FS-Endgeräte und informationstechn. PC-Anschlüsse
 - Anlagen: Personenrufanlage / Türsprechanlage
Fernseh- und Antennenanlage
Brandmeldeanlage
Einbruchmeldeanlage
- Gebäudeautomation
 - Bus-Steuerung LON-Bus-System zur Steuerung von:
Heizungs- und Lüftungsanlagen
Beleuchtung (innen/außen)
Energie – Lastmanagement
Lüftungs-Klappen, Fenster, Jalousien
Energiedatenerfassung und Auswertung
Notbeleuchtung
Verschattungsanlagen
Störmeldungen
- Küche
 - Ausstattung: Geschirrspülautomat: 10 kw
Kochblock: Gasherd mit Elektro-Backröhre, Brat- und Grillplatten, Kochkessel (15 l), Gas-Kippbratpfanne (85 l)
Gas-Heißumluft-Dämpfer
Snack-Bereich: 2 Snack-Korbfriteusen 12 kw,
Griddle-Platte 8 kw
Ausgabe-Theke mit div. Auf- und Einbauten 20 kw
Kühl- und Tiefkühlräume
Leistung bei Kühlraumtemperatur
+ 5° C und UT +32°C: 1,302 kw

7.2 ENERGIEBEDARF

Für beide Standorte wurden nach den zum Zeitpunkt der Gebäudeplanung gültigen gesetzlichen Regelungen (Wärmeschutzverordnung WSchVo '95) Bedarfsrechnungen durchgeführt¹⁾. Für Cottbus wurde darüber hinaus nach Fertigstellung des Gebäudes auf der Grundlage der tatsächlich ausgeführten Konstruktionen eine revidierte Bedarfsrechnung aufgestellt²⁾, die jedoch auch an den Regularien der WSchVo '95 orientiert ist. Aus diesen Unterlagen lassen sich folgende Ergebnisse zitieren:

STAND-ORT	GEBÄUDEBERECH	A/V	kwh / m³a	
			ZULÄSS.	BERECH.
BRB	Kopfbau	0,32	19,4	15,1
	Umkleiden	0,30	19,1	12,9
	Werkstätten	0,68	13,8	11,8
	Lager und Keller	0,73	14,6	12,2
CB 1	Kopfbau		22,4	16,6
	Hallenbau		23,8	21,1
CB 2	Kopfbau		22,4	16,9
	Hallenbau		23,8	23,7

TAB. 15: Ergebnisse Bedarfsberechnung nach WSchVO'95

Die Rechenverfahren stammen aus verschiedenen Zeitabschnitten und beruhen auf unterschiedlichen Verfahrensansätzen. Daher ist ein Abgleich der zitierten Werte nicht möglich. Es wird empfohlen, zu einem späteren Zeitpunkt (möglicherweise im Zusammenhang mit der Erstellung eines 'Energiepasses'³⁾) eine vergleichbare Berechnung beider Gebäude nach der Energie-Einsparverordnung (EnEV)⁴⁾ durch die beteiligten Ingenieurbüros erstellen zu lassen.

-
- 1) BRB: Brüssau Bauphysik GmbH, Rechnerischer Nachweis über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden, Fellbach, 27.09.1996
 CB1: Ingenieurgesellschaft für Bauphysik Gbr (GWJ), Wärmeschutzmaßnahmen in: Antragsunterlagen vom 30.06.1997, S. 2.6.3-6/1
- 2) CB2: GWJ, Wärmebedarfsausweis nach § 12 der WSchVO vom 16.08.1994, Cottbus, 10.02.2002
- 3) Nach 'Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden' ist ab 04.01.2006 (Artikel 15) "bei Gebäuden mit einer Gesamtnutzfläche von über 1.000 m², die von [...] Einrichtungen genutzt werden, die für eine große Anzahl von Menschen Dienstleistungen erbringen [...], ein Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz [...] anzubringen" (Artikel 7, Abs. 3).
- 4) z. Zt. gültige Fassung vom 02.12.2004

7.3 TABELLARISCHE DARSTELLUNG DER VERBRAUCHSDATEN

1. Wärmeenergieverbrauch

Die Wärmeenergie wird in beiden Projekten über Erdgas erzeugt (siehe Punkt 7.1) und dient der Beheizung des Neubaus (Kopfbau und Hallenbau) und der sonstigen, vorwiegend temporär noch genutzten Gebäude und der Erwärmung des Trinkwassers. Das gelieferte Erdgas wird getrennt für den Neubau und den im Kopfbau untergebrachten Küchenbereich über Gasuhren gemessen und gegenüber dem Lieferunternehmen abgerechnet.

Innerhalb der Gebäude wird die verbrauchte Energie für die Heizung auf der Grundlage des 'Messkonzepts'¹⁾ über Wärmemengenzähler (WMZ) getrennt für den Kopfbau, den Hallenbau und die Küche erfasst und ebenso für die WW-Bereitung, jedoch nur gesondert für die Küche ausgewiesen (die Verteilung auf Kopfbau und Hallenbau wird dann über eine Anteilsrechnung auf der Grundlage des gemessenen WW-Verbrauchs ermittelt).

Die Erfassung und Differenzierung der Verbrauchsdaten erfolgt also über:

- Messungen (Gas in m³ für Gebäude und Küche getrennt)
- Messungen (Wärmemengen in kwh/a für Kopfbau, Hallen Küche, WW-Bereitung getrennt)
- Berechnungen (Wärmemengen in kwh/a als Ergebnis einer Umrechnung aus der Gasmenge mit Hilfe des Leistungsfaktors 'kwh/m³ Gas')
- Berechnungen (Wärmemengen in kwh/a als Anteilsrechnung aus dem WW-Verbrauch in m³)

Darüber hinaus werden die gemessenen Werte:

'Gesamtverbrauch Gas in m³' und 'Gesamt-Wärmemenge in kwh/a' im Sinne einer Plausibilitätsprüfung mit Hilfe spezifischer Leistungsfaktoren²⁾ 'kwh/m³' aufeinander bezogen und abgeglichen.

¹⁾ GUS, Schlussbericht zur Projektbegleitung der Phase II, S. 23 f

²⁾ Die Leistungsfaktoren unterscheiden sich bei den verschiedenen Lieferanten und schwanken von Jahr zu Jahr.

In der folgenden Abbildung sind die Zusammenhänge der jeweiligen Datenableitungen dargestellt:

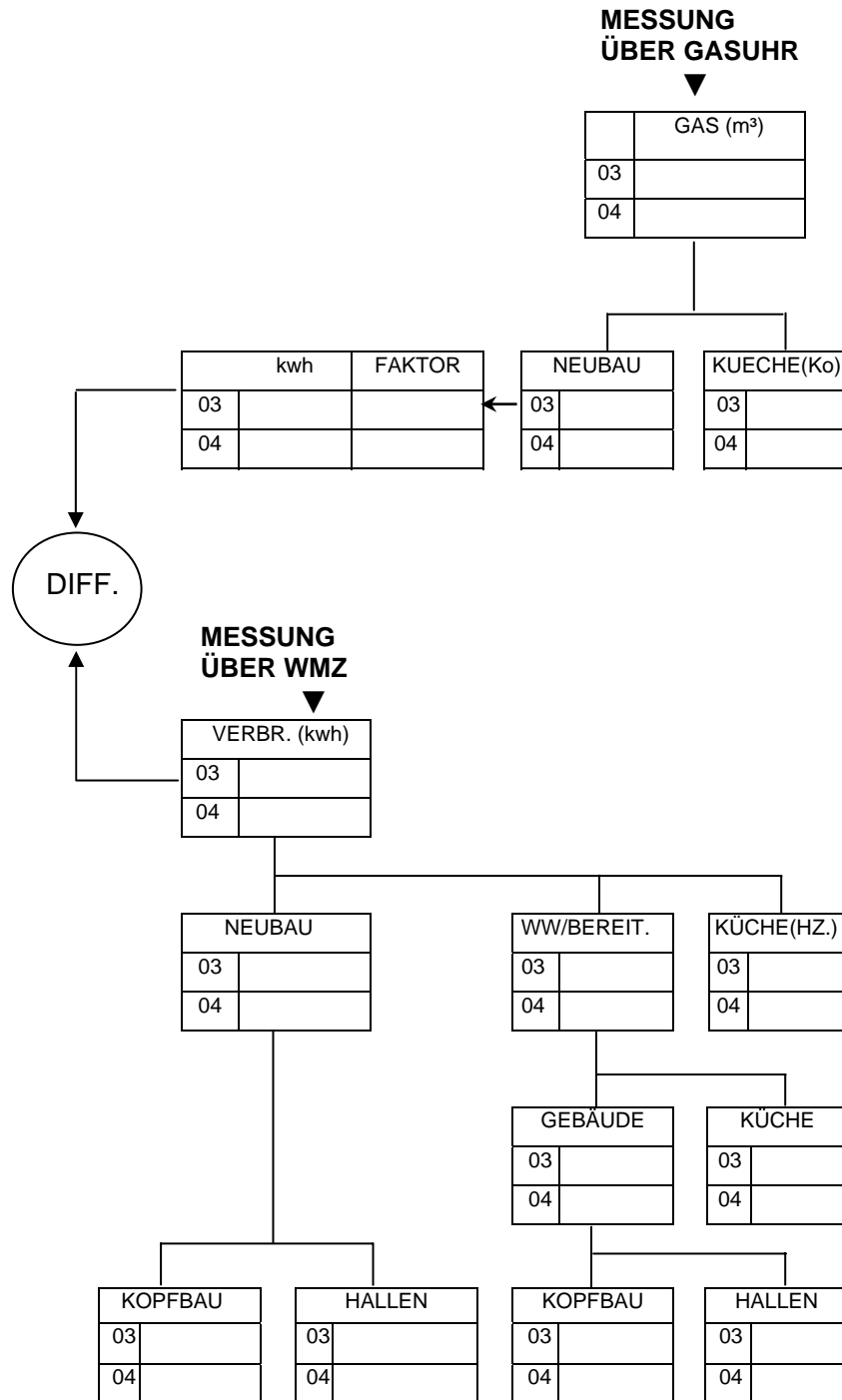


Abb 6: Verteilung des Wärmeenergieverbrauchs

Im Einzelnen wurden folgende Werte ermittelt¹⁾:

MESSBEREICHE		2003		2004	
		BRB	CB	BRB	CB
Gas- verbrauch (m ³)	Gesamt	79.542	37.270	57.203	37.276
	Neubau (heizen)	79.542	36.290	57.203	36.220
	Küche (kochen)	-	980	-	1.056
Umrechnung (m ³ in kwh)	Faktor (kwh je m ³)	11,15879	11,1588	11,25862	11,046
	kwh	887.593	404.953	644.027	400.086
Heizenerg.-Verbr. gemessen (kwh)		710.846	284.654	556.010	272.411
Differenz: Berechn./Mess. (kwh)		176.746	120.299	88.017	127.675
Heizenerg.- Verbr. gem. (kwh)	Kopfbau	230.490	51.114	178.650	45.828
	Hallenbau	433.896	212.480	328.450	198.783
	Gebäude insges.	664.386	263.594	507.100	244.611
	WW-Bereitung	12.380	15.980	10.710	20.380
	Küche (heizen)	34.080	5.080	38.200	7.420

TAB 16: Verbrauchsdaten Wärmeenergie

Da zwischen dem gemessenen Gasverbrauch für Heizzwecke (m³) und den über Wärmemengenzähler (WMZ) gemessenen Verbrauchswerten deutliche Abweichungen auftreten²⁾, wird in einem weiteren Rechengang die Differenz anteilmäßig auf die einzelnen Messbereiche verteilt³⁾. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

BEREICHE			KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT	
			BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
NGF Nettogrundfläche (m ²)			1.681,0	1.433,0	3.784,9	4.045,6	5.465,9	5.478,6
BF beheizte Fläche (m ²)			1.327,7	1.287,5	3.589,9	4.045,6	4.917,6	5.333,1
Heiz- energie	Gasverbrauch m ³ (ohne Küche)	03	-	-	-	-	79.542	36.290
		04	-	-	-	-	57.203	36.220
	Energieverbrauch berechn. (kwh/a)	03	287.975	72.748	541.924	302.239	829.899	374.987
		04	206.748	67.185	380.605	292.092	587.353	359.277
	Kennwert (kwh/a) m ² BF	03	216,9	56,5	151,0	74,7	168,8	70,3
		04	155,7	52,2	106,0	72,2	119,4	67,4
WW- Berei- tung (ohne Küche)	Wasserverbrauch (m ³)	03	15,0	9,0	351,6	22,8	366,6	31,8
		04	14,1	10,6	331,6	48,4	345,7	59,0
	Energieverbrauch berechn. kwh/a	03	266	1.021	9.959	2.585	10.225	3.606
		04	204	1.321	7.628	6.061	7.832	7.382
	Kennwert (kwh/a) m ² NGF	03	0,16	0,71	2,63	0,64	1,87	0,66
		04	0,12	0,92	2,02	1,50	1,43	1,35

TAB 17: Kennwerte Wärmeenergieverbrauch

- 1) Quellen: siehe Punkt 3.4
- 2) Vermutete Ursache:
Heizenergieverbrauch im Leitungsnetz vor WMZ oder punktueller Ausfall einzelner Messgeräte.
Empfehlung: Systematische Prüfung aller Messgeräte, evtl. Einbau zusätzlicher Geräte zur Erfassung der Differenzwerte
- 3) Darstellung im Anhang 6:
 - a.) Original-Daten
 - b.) Ergebnis nach Umverteilung

2. Elektroenergie

In beiden Gebäuden wird die elektrische Energie verwendet zum Betrieb und zur Steuerung von Geräten der Gebäudetechnik (siehe Punkt 7.1 Gebäudetechnik), zur Beleuchtung und zum Betrieb von Arbeitsgeräten. Ein wesentlicher Unterschied besteht im Betrieb der Küchengeräte: Während in Cottbus wesentliche Großgeräte wie: Herd, Kipp-Bratpfanne und Umluft-Dämpfer mit Gas betrieben werden, kommen in Brandenburg ausschließlich Elektrogeräte zum Einsatz.

Ein weiterer Unterschied besteht in der Anordnung und Differenzierung der Messgeräte. In Cottbus konnte aufgrund einer weitgehend ausgearbeiteten Messkonzeption¹⁾ eine systematische Anordnung während der Planung der haustechnischen Systeme vorgenommen und über das vorhandene Bus-System wahlweise verbunden werden. In Brandenburg hingegen wurden die Datenerfassungsgeräte nachträglich in die bestehenden Leitungsnetze eingebaut, sodass aufgrund der vorgegebenen Leitungsführung bestimmte Detailerfassungen (z. B. Beleuchtungskörper, Steckdosen, Lüftungsgeräte) nicht mehr möglich waren. Im einzelnen wurden folgende Werte erfasst²⁾:

BEREICHE		KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT		
		BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB	
Gesamt (ohne Küche) kwh	03	26.806	32.577	39.172	23.653	65.978	56.230 ^{*)}	
	04	21.944	34.463	32.068	29.038	54.012	63.501 ^{*)}	
Küche kwh	03	110.187	24.314	-	-	110.187	24.314	
	04	90.204	23.319	-	-	90.204	23.319	
Einz. werte (in kwh)	Beleuchtung	03			11.876			
		04			14.884			
	Steckdosen	03			1.711			
		04			2.583			
	Holzm.-W.	03			5.335	4.051		
		04			4.367	3.816		
	Zentr. Lager (Lüftung)	03				6.021		
		04				7.757		
Σ	03	136.993	56.891	39.172	23.653	176.165	80.544	
	04	112.148	57.782	32.068	29.038	144.216	86.820	
NGF (m ²)	Ges. (ohne Kü.)	1.533,4	1.289,8	3.784,9	4.045,6	5.318,3	5.335,4	
	Küche	147,6	143,2	-	-	147,6	143,2	
Kennw. kwh/a	Gesamt (ohne Küche)	03	17,5	25,3	10,4	5,8	12,4	10,5
		04	14,3	26,7	8,5	7,2	10,2	11,9
m ² NGF	Küche	03	746,5	169,8	-	-	746,5	169,8
		04	611,1	162,8	-	-	611,1	162,8

^{*)} Im Originaldatensatz ergeben sich hier geringfügig abweichende Zahlen: 56.219,6 bzw. 63.665. Aus systematischen Gründen wurde in der vorliegenden Tabelle die Summe aus KO+HA verwendet.

TAB 18: Kennwerte Elektroenergieverbrauch

¹⁾ siehe: GUS, Schlussbericht Projektbegleitung, Punkt 4.2, S. 23/24

²⁾ Quellen: siehe Punkt 3.4

3. Wasserverbrauch

Die Trinkwasserversorgung wird bei beiden Projekten über das öffentliche Leitungsnetz betrieben. Der wesentliche Unterschied besteht in der Brauchwasserversorgung für WC-Spülung, Werkzeugreinigung in den Werkstätten und Bewässerung der Außenanlagen. Für diese Verbrauchsarten wird am Standort Cottbus Regenwasser genutzt, d. h.: Sammlung in 3 Zisternen (je ca. 11 m³ Fassungsvermögen) und Verteilung im Gebäude über einen 2. Wasserkreislauf.

Im Einzelnen wurden folgende Mengen gemessen:

BEREICHE		m ³ WASSER					
		KOPFBAU		HALLENBAU		GESAMT	
		BRB	CB	BRB	CB	BRB	CB
Gesamt (ohne Küche)	03	99,5	23,8	472,0	18,5	571,5	42,3
	04	93,8	8,9	445,2	17,8	539,0	26,7
Küche	03	158,6	58,4	-	-	158,6	58,4
	04	149,6	62,5	-	-	149,6	62,5
WW-Boiler- Einspeisung	03	221,4	178,1	351,6	22,8	573,0	200,9
	04	208,8	191,1	331,6	48,4	540,4	239,5
Nachspeisung Regen- wasser - Zisterne	03	-	[72,0]	-	[11,4]	-	83,4
	04	-	[26,0]	-	[6,6]	-	32,6
Σ	03	479,5	332,3	823,6	52,7	1.303,1	385,0
	04	452,2	288,5	776,8	72,8	1.229,0	361,3
Gewinn Regenwasser	03	-	[473,8]	-	[75,2]	-	549,0
	04	-	[482,3]	-	[122,1]	-	604,4
Gesamt-Verbrauch.	03	479,5	806,1	823,6	127,9	1.303,1	934,0
	04	452,2	770,8	776,8	194,9	1.229,0	965,7
WW-Verbr. Gebäude.	03	15,0	9,0	351,6	22,8	366,6	31,8
	04	14,1	10,6	331,6	48,4	345,7	59,0
WW-Verbr. Küche	03	206,4	169,1	-	-	206,4	169,1
	04	194,7	180,5	-	-	194,7	180,5

[...] rechnerische Verteilung des Regenwassers auf Grundlage des gemessenen sonstigen Trinkwasserverbrauchs.

TAB 19: Wasserverbrauch

8. STANDORTBEDINGTE EINFLÜSSE

8.1 BELEGUNG

Als Indikator für die Benutzung der Gebäude wird die Belegung der Hallenbereiche angesetzt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Belegungsrythmus des Kopfbaus dem im Hallenbereich folgt. Als Nachweis dienen Aufstellungen des Nutzes über die monatliche Belegung der einzelnen Werkstätten in der Dimension von 'Tagewerken'¹⁾.

Für den Energieeinsatz in den einzelnen Räumen ist jedoch nicht die Belegungsdichte von Bedeutung (Anzahl der nutzenden Personen), sondern vielmehr der grundsätzliche Zustand 'belegt' / 'nicht belegt'.

In der folgenden Tabelle ist dieser Nutzungszustand²⁾ für die beiden Standorte bezogen auf die einzelnen Werkstätten in den Jahren 2002, 2003 und 2004 dargestellt (dabei bedeuten die Markierungen: 'nicht belegt'):

WERK STATT	M			O		N		A		T		
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
	BRANDENBURG											
STR							+					
TIEF							+					
ZIM							+					
MAU							+					
MAU							X+					
TRO							+					
HOLZ				+	+	O+	+	+	O	O		
BET							X+					
FLIE							+					
STU								X	X	X	X	X
	COTTBUS											
STR							+					
TIEF							+					
ZIM							+					
MAU							X+	X				
MAU							X+					
TRO							X+					
HOLZ							X	X	OX	X		
BET							X	OX+	OX		O	
FLIE							X	+	O	O		
STU							X+					

O 2002, X 2003, +2004

TAB 20: Nicht belegte Monate der Werkstätten

1) Tagewerk = personenbezogene Anwesenheitstage; Aufstellung im Anhang

2) Geringfügige Belegungen mit < 10 TGW/MO wurden mit 'nicht belegt' gewertet

In einer zusätzlichen Analyse wurde die Belegung (in TGW) und Auslastung (%) des Werkstattbereiches der beiden Häuser im Durchschnitt der zurückliegenden 3 Jahre ermittelt:

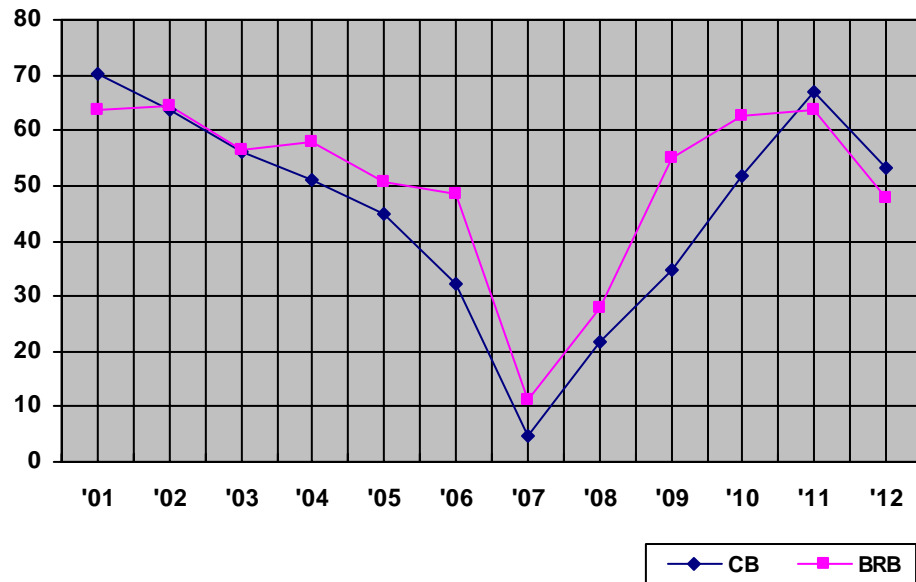


Abb.7: Belegungsichte der Werkstätten

Im Ergebnis zeigen sich ähnliche Verläufe:

- in den Sommermonaten, Belegung mit der Zäsur im Juli (Ferienzeit) rückläufig
- höhere Belegung im Herbst, Winter und Frühjahr (1. und 3. Tertial) mit Zäsur zum Jahresende (Weihnachtsferien).

Aus diesem Tatbestand kann für beide Standorte abgeleitet werden, dass sich aus den Belegungsfaktoren grundsätzlich keine unterschiedlichen Implikationen für den Energieeinsatz ergeben: in beiden Fällen deckt sich die wesentliche Nutzungsphase im 1. und 3. Tertial mit der Zeit des erhöhten Energiebedarfs, (Heizperiode, Einsatz künstlicher Beleuchtung) und während der mittleren Jahresperiode (2. Tertial) trifft sich der jahreszeitlich bedingte geringere Energiebedarf mit einer niedrigeren Belegung.

8.2 WETTERDATEN

Als Wetterdaten stehen die durchschnittlichen Tagestemperaturen aus unterschiedlichen Quellen zur Verfügung: Während in Cottbus direkt am Standort Messungen vorgenommen wurden, müssen für Brandenburg die Daten der nächstgelegenen Messstationen des Wetterdienstes ersatzweise herangezogen werden (Station Genthin ca. 25 km westlich von Brandenburg, Station Berge ca. 30 km nord-östlich von Brandenburg). In der folgenden Tabelle sind die Messwerte für die Jahre 2003 und 2004 als Monatsmittel aufgeführt:

STANDORT	JAHR	Ø TAGESTEMPERATUREN IN DEN MONATEN											
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
GENTHIN	2003	0,1	-2,5	4,4	8,5	14,8	19,2	19,9	20,4	14,5	5,7	6,4	2,3
	2004	-0,7	3,1	4,7	9,3	12,4	15,5	16,9	19,2	14,1	9,8	4,7	2,2
BERGE	2003	-0,2	-1,7	4,6	9,1	15,4	19,5	20,2	20,7	15,0	5,9	6,5	2,6
	2004	-1,0	3,0	5,1	10,0	12,5	15,4	17,2	19,4	14,3	10,1	4,6	2,3
COTTBUS	2003	-0,1	-1,4	5,2	9,9	18,4	22,6	22,4	22,6	16,2	6,7	6,2	2,0
	2004	-1,3	3,2	5,8	11,5	15,1	18,8	20,6	21,7	15,8	11,1	5,4	2,4
Ø 03-04	BRB ¹⁾	-0,5	0,5	4,7	9,2	13,8	17,4	18,6	19,9	14,5	7,9	5,6	2,4
	CB	-0,7	0,9	5,5	10,7	16,7	20,7	21,5	22,2	16,0	8,9	5,8	2,2

¹⁾ als Ø aus GENTHIN und BERGE

TAB. 21: Außentemperaturdaten

Aus der Gegenüberstellung lässt sich eine weitgehende Übereinstimmung der Werte aus Genthin und Berge ersehen, sodass der Durchschnitt aus den beiden Messstationen als repräsentativ auch für den Standort Brandenburg angenommen werden kann.

Im Vergleich zu den Messergebnissen aus Cottbus liegen die Jahresdurchschnittstemperaturen für Brandenburg in den erhobenen Jahren um ca. 13 % niedriger. Dieser Unterschied ergibt sich jedoch im Wesentlichen aus den höheren Sommertemperaturen in Cottbus (Mai - August), während die sonstigen monatlichen Durchschnittstemperaturen in einer vergleichsweise ähnlichen Größenordnung liegen.

9. AUSWERTUNG

9.1 KOSTENVERGLEICH

1. Hüllflächen

In ihrer absoluten Gesamtsumme liegen die Investitionskosten der Hüllfläche im Fall Cottbus um ca. 35 % über den Kosten von Brandenburg (BRB: € 2.084.498,-- / CB: € 2.817.540,--), die relativen Werte '€/m²' ergeben für Cottbus nur noch eine um ca. 22 % höhere Größenordnung (BRB: 157,65 €/m²; CB: 192,55 €/m²). Aus diesen Abweichungen könnte nun gefolgert werden, dass die höheren Aufwendungen auf die ökologisch orientierte Bauweise zurückzuführen sei. Ein anderer Schluss könnte auch gar nicht gezogen werden, wenn nicht über die genauere Kenntnis der jeweiligen Konstruktionen in den Gebäudeteilen 'Kopfbau' und 'Hallenbau' und den Hüllflächenelementen 'Boden, Fassade, Dach' die Implikationen hinsichtlich der Investitionskosten erheblich differenzierter interpretiert werden könnten. Daraus zeigen sich im Einzelnen folgende spezifische Ausprägungen:

- Boden:

Die Gesamtsumme von Cottbus liegt zwar geringfügig höher (+4,4 %), bezogen auf die größere Fläche jedoch um 2,2 % niedriger. Dieses Ergebnis kommt zustande, weil im Bereich Kopfbau bei Brandenburg (verursacht durch die 'weiße Wanne') ein deutlich höherer Flächenwert (+25 %) erreicht wird. Im Hallenbereich jedoch wird erkennbar, dass sich die höhere Qualität der Dämmung in Cottbus (20 cm Schaumglas) gegenüber Brandenburg (8 cm Perimeterdämmung aus Polystyrol-Hartschaumplatten) kostenmäßig niederschlägt (+6,7 %). Im Saldo des Gesamtgebäudes gleicht sich also dann eine aus Bedarfsgründen (Nutzerwunsch) gewählte aufwendigere Konstruktion (Planung eines UG mit der Folge einer weißen Wanne) gegenüber einer höheren Hüllqualität kostenmäßig nahezu wieder aus.

- Fassade:

Die Gegenüberstellung der Gesamtsummen ergibt für Cottbus einen um ca. 1/3 höheren Kostenaufwand als in Brandenburg (BRB: € 757.888,-- / CB: € 1.010.511,--). Wegen der deutlich größeren Fassaden-Hüllfläche in Cottbus (+12,6 %) mindert sich der Überhang gegenüber Brandenburg beim Vergleich der Flächenkennwerte auf ca. 18 % (BRB: 288,69 €/m² / CB: 341,97 €/m²). Für die Gebäudeteile ergeben sich im Hinblick auf die Durchschnittswerte des Gesamtgebäudes starke Abweichungen:

- Im Kopfbau nähern sich die Kennwerte beider Projekte weiter an (CB: +15 % gegenüber BRB).

Dieser Saldo resultiert aus dem Verhältnis der offenen zu den geschlossenen Flächen einerseits (in BRB mit 35/65 % höher als in CB mit 29/71 %) und den unterschiedlichen Kostenwerten für diese beiden Flächenarten andererseits (BRB: 514,25 €/m² offen / 175,32 €/m² geschl.; CB: 253,35 €/m² offen / 373,53 €/m² geschl.). Als Ursache für die Kostenunterschiede kann die jeweils unterschiedliche Konstruktionsart vermutet werden: in Brandenburg wurde weitgehend eine vorgefertigte Metallständerwand mit größtenteils geschosshohen Fensterpaneelen und teilweise geschlossenen Brüstungselementen eingebaut, in Cottbus hingegen eine mehrschichtige Holzfassade mit Stulpschalung, eingesetzten

Fenstern (als getrennte Elemente) und teilweise Vollverglasung in einer Holzrahmenkonstruktion. So erscheint eher die sehr differenziert gegliederte Fassade mit einer Vielzahl unterschiedlicher Verbindungen und Anschlüssen der Hintergrund für die höheren Kosten zu sein, als die Auswahl natürlicher Baustoffe¹⁾ und die Entscheidung für einen hohen Wirkungsgrad hinsichtlich der Wärmedämmung²⁾.

- Im Hallenbereich beträgt der Unterschied zwischen den beiden Projekten +21 % für Cottbus. Dabei zeigt sich deutlich als Ursache der verglaste Anteil: in diesem Bereich liegt das Projekt Cottbus in seinem Kosten-Einheitswert um ca. 17,5 % über dem Wert von Brandenburg (bei einem um 83 % höheren Anteil der realen Flächen: CB: 984,70 m² / BRB 537,5 m²), so dass die realen Kosten in Cottbus mehr als doppelt so hoch liegen als in Brandenburg. So kann der vergleichsweise niedrige Einheitswert bei den geschlossenen Flächen (BRB: 170,35 €/m²; CB: 144,21 €/m²; d.h.: CB - 18 %)³⁾ die hohe Summe im verglasten Bereich nicht kompensieren.

Als wesentliche Ursachen für die höheren Kosten des Fassadenbereichs in Cottbus erscheinen also die vielfältig differenzierten Außenhüllen im Kopfbau und die großen Glasflächen im Hallenbau. Beide Positionen resultieren in ihrer Ausführungsart jedoch nicht vordergründig aus dem ökologischen Planungsansatz in diesem Projekt.

- Dach:

Die Gesamtkosten für die Dachfläche liegen bezogen auf ihre absoluten Summen in Cottbus um ca. $\frac{2}{3}$ höher als in Brandenburg (BRB: € 677.651,--/ CB: € 1.129.352,--) und auch die Flächenkennwerte des Projekts Cottbus übersteigen die Werte von Brandenburg um nahezu 50 % (BRB: 120,58 €/m²; CB: 177,61 €/m²).

¹⁾ Die ökologische Forderung, nicht trennbare Verbundbaustoffe zu vermeiden, um einen schonenden Rückbau des Gebäudes zu ermöglichen, mag ein entscheidender Impuls für diese Konstruktionsart gewesen sein. Unter diesem Aspekt ist die Fassade in Brandenburg nicht geplant worden und wird wahrscheinlich die Entsorgung aufwendiger gestalten.

²⁾ Der Vergleich mit der Hallenfassade zeigt, dass auch kostengünstigere Lösungen möglich sind.

³⁾ An diesem Beispiel wird deutlich, dass eine Konstruktion, die eindeutig alle ökologischen Anforderungen erfüllt wie: Materialwahl, Leistungsfähigkeit hinsichtlich Wärmeschutz, Lösbarkeit der Verbindungen, auch kostengünstiger realisierbar ist (siehe: Fassade Kopfbau).

Auch hier zeigen sich wie bei der Analyse der Fassaden deutliche Unterschiede in den Gebäudeteilen:

- Im Kopfbau ergibt sich im Fall Brandenburg insgesamt ein erheblich höherer Wert (+41,5 %); als Ursache kann eindeutig das große Glasdach in Brandenburg identifiziert werden (Kosten insgesamt € 102.213,- ; Kennwert: 332,40 €/m²). Vergleicht man die geschlossenen Dachflächen, so zeigt sich ein nahezu identischer Wert, trotz völlig unterschiedlicher Konstruktionen (BRB: Blechdach mit Dämmung, 133,11 €/m²; CB: Gründach mit verschiedenen Schichten, 131,58 €/m²). In beiden Fällen ist die Dachfläche einfach gestaltet (BRB: gewölbt, CB: leicht geneigtes Pultdach) mit wenigen Durchbrüchen und Konstruktionswechseln. Da auch die absoluten Dimensionen nicht stark voneinander abweichen (BRB: 829,59 m² / CB 952,50 m²) kann beispielhaft dargelegt werden, dass sich Kostenunterschiede ganz entscheidend aus unterschiedlichen Gestaltungskonzepten ergeben (hier: Glasdach über Halle in BRB), nicht aber aus der Anwendung von Prinzipien des nachhaltigen Bauens.
- Im Bereich des Hallenbaus übersteigt die absolute Summe aus Cottbus den Betrag von Brandenburg um mehr als das Doppelte (BRB: € 465.008,- / CB: € 1.003.429,-) und auch die Kennwerte liegen in Cottbus deutlich höher (BRB: 103,73 €/m²; CB: 185,63 €/m², d. h. +79 %). Ursache dafür sind die hohen Aufwendungen bei den geschlossenen Dachflächen: während die Kennwerte bei den offenen Flächen (Oberlichter, Sheds) nahezu gleiche Größenordnungen aufweisen (BRB: 225,72 €/m²; CB: 222,63 €/m²), liegen die Dimensionen bei den geschlossenen Flächen weit auseinander (BRB: 66,95 €/m²; CB: 174,67 €/m², d. h. +160 %). Bei näherer Betrachtung der jeweiligen Dachkonstruktionen zeigt sich folgender gravierender Unterschied: das Dach in Brandenburg besteht aus einer homogenen Fläche in Art und Form (Flachdach mit Betondecke, 12 cm Wärmedämmung als Hartschaumplatte, mehrschichtige Bitumenschweißbahn als Dachabdichtung, 4 cm Kies-schüttung; teilweise Schrägaufkantung zum Anschluss der Shed-Oberlichter), in Cottbus hingegen ist die Dachfläche aus verschiedenen Elementen zusammengesetzt, unterschiedlich in ihrer Form (Metall: gekrümmt, sonstige: eben mit verschiedenen Niveausprüngen), Art (Metall, Grün, begehbar) und Umfang (dominiert: gekrümmtes Metaldach).

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Elemente nach Art, Dimension und Kosten gegenübergestellt:

STAND- ORT	DACHFLÄCHEN HALLENBAU				
	ART	GRÖSSE		KOSTEN (€)	KENN- WERT (€/m ²)
		m ²	%		
BRB	Flachdach	3.445	100	230.599	66,95
CB	Metalldach	2.540	61	484.872	190,89
	Gründach	924	22	124.535	134,78
	begeh. Dach	364	9	63.846	175,40
	geschl. Sheds	342	8	55.047	160,96
	Σ	4.170	100	728.300	174,65

TAB. 22: Kosten Dachbereich Hallenbau

An diesen Werten zeigt sich, dass sich vor allem das gekrümmte Metalldach mit seinem großen Anteil an der gesamten Dachfläche und einem hohen Einheitspreis insgesamt auf die Kosten des Hallendaches auswirkt (ca. 61 % der Flächen, ca. 67 % der Kosten). Da angenommen werden kann, dass nicht die unterschiedliche Dämmung (BRB: 12 cm Hartschaumplatten / CB: 20 cm Zellulose) die Kostendifferenz erzeugt, muss die Ursache viel eher in der Konstruktion selbst mit der gewählten Dachform zu suchen sein. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Geometrie des Dachkörpers eine Vielzahl von komplizierten nicht seriell herstellbaren Verbindungen und Anschlüssen erzeugt (quer zur Dachwölbung verlaufende Sheds, gebogene Attika, Verbindung zwischen den Gewölbesegmenten am Tiefpunkt, Fassadenanschlüsse im Krümmungsverlauf) und daher die Herstellung mit einem besonderen Aufwand verbunden ist. Ein quantitativer Nachweis dieser These kann jedoch nicht geführt werden.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die analysierten höheren Kosten im Dachbereich in Cottbus nicht primär auf die ökologische Bausweise zurückzuführen sind, sondern im wesentlichen aus der Vieltätigkeit der Dachfläche insgesamt mit den verschiedenartigsten Konstruktionsformen und Materialien resultieren.

Im Ergebnis können die folgenden Kernpunkte als prägend für die Kostenstruktur der Hüllflächen in den beiden Projekten zusammengefasst werden:

- für höhere Kosten stehen Merkmale wie: differenzierte Gestaltung (z. B.: Fassade Kopfbau CB/geschlossen, Dach Hallenbau CB/geschlossen) und die Verwendung großer Glasflächen (z. B.: Fassade und Dach Kopfbau BRB/offen, Fassade Hallenbau CB/offen);

- geringere Kosten treten eher dann auf, wenn seriell gefertigte Bauteile eingesetzt werden (z. B.: Fassade Kopfbau CB/offen, Fassade Hallenbau BRB/offen) und großflächige, homogene Bauteile vorherrschen (z. B.: Dach Hallenbau BRB/geschlossen).

Der wesentliche Kostenunterschied von im Saldo +22 % für Cottbus lässt sich letztendlich auf die Gestaltungsvielfalt des Gebäudes insgesamt (vor allem aber Fassade Kopfbau/geschlossen und Dach Hallenbau/geschlossen) und den Einsatz der großen Glasflächen im Hallenbau (Fassade/offen) zurückführen. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der ökologischen Bausweise in Cottbus und Ursachen für einen geringeren oder gar höheren Materialeinsatz konnte aus den Datensätzen nicht identifiziert werden.

2. Sonstige Positionen der KG 300

Die unter den folgenden Titeln zusammengefassten Kostendaten entsprechen keiner DIN-Klassifikation, sondern ergeben sich aus dem spezifischen Analysenansatz dieser Untersuchung, bei dem die Gebäudehülle als prägend für den Energieeinsatz im Mittelpunkt steht. Alle sonstigen Kosten der KG 300, die nicht einer der Hüll-Kategorien (Boden, Fassade, Dach) zugeordnet werden können, wurden in zwei Gruppen gegliedert, die jeweils für sich genommen ein wesentliches System eines Gebäudes darstellen:

die Konstruktion und der Innenausbau. Darüber hinaus wurde eine dritte Gruppe aus allen sonstigen Baukonstruktionen gebildet (Abgrenzung und inhaltliche Beschreibung siehe Punkt 6.2).

- Konstruktion

Im Saldo liegen die Gesamtkosten in Cottbus um 17 % über der Summe von Brandenburg. Im Bezug auf die BGF ist der Unterschied mit ca. +20 % für CB noch höher (BRB: 194,11 €/m²; CB: 234,24 €/m²). Der Vergleich der Gebäudeteile zeigt den wesentlichen Unterschied: während sich im Hallenbau für beide Projekte nahezu identische Flächenwerte ergeben (BRB: 188,65 €/m²; CB: 188,15 €/m²), liegen die Vergleichswerte im Kopfbau mit ca. +72 % für Cottbus weit auseinander. In den Einzelkosten in Cottbus (siehe Anhang 5) ist mit mehr als 50 % ein sehr hoher Anteil für die Brettschichtholzbalken enthalten, während in Brandenburg die Deckenkonstruktionen aus Betonplatten und Stahlträgern deutlich geringer liegen. Aus diesen unterschiedlichen Konstruktionsarten könnte sich im Wesentlichen die Kostendifferenz erklären.

- Innenausbau

Bei den Gesamtkosten ergibt sich ein um mehr als 40 % höherer Aufwand bei Brandenburg und auch die Flächenwerte liegen hier noch um ca. 39 % auseinander (BRB: 181,91 €/m²; CB: 130,69 €/m²). Die Ursache dafür ist offenkundig im Hallenbau zu suchen (BRB: 146,40 €/m²; CB: 94,15 €/m², d. h. BRB +55 %), da die Kennwerte im Kopfbau ähnliche Größen aufweisen (BRB: 253,13 €/m²; CB: 225,94 €/m²). Wegen der Vielfalt der in dieser Kategorie enthaltenen Einzelpositionen lässt sich die Ursache für die deutliche Differenz nicht eindeutig identifizieren. Es kann vermutet werden, dass in Brandenburg z. B. verschiedene Bekleidungen an den Decken (Schallschutzmaß-

nahmen) oder auch bestimmte Innenwandkonstruktionen (Montagewände Metall) Kostenunterschiede verursacht haben.

- Sonstige Baukonstruktionen

In dieser Kategorie ergibt sich mit ca. +62 % ein großer Überhang für Cottbus (BRB: 56,66 €/m²; CB: 91,77 €/m²); im Kopfbau liegen beide Projekte in ähnlichen Größenordnungen (BRB: 84,75 €/m²; CB: 77,05 €/m²). Aus den Einzelkosten lassen sich einige Positionen aufzeigen, die den Unterschied im Wesentlichen verursacht haben könnten, z. B.: Vordächer, Dachentwässerung, Sonnenschutzanlagen.

Insgesamt ergibt sich für die 'Sonstigen Positionen der KG 300' eine nahezu ausgeglichene Bilanz, d.h. die wechselseitigen Über- und Unterschreitungen in den einzelnen Betrachtungsebenen heben sich schließlich auf. Bezogen auf die Gesamtsumme der KG 300 zeigt sich also, dass die Differenz (CB: + € 725.795,-) zwischen den Projekten im Wesentlichen auf den Unterschied bei den Hüllflächen zurückzuführen ist (CB: + € 733.041,-).

3. Technische Systeme

Die Investitionen für die Haustechnik (Heizung, Lüftung, Sanitäre Anlagen, Elektroinstallation) liegen bei beiden Projekten in ähnlichen Größenordnungen mit einem geringen Überhang von +2,6 % in Brandenburg. Dabei sind die Sondersysteme von Cottbus mit enthalten¹⁾. Bezieht man die Kosten auf die Gebäudefläche (BGF), so ergeben sich für beide Projekte die gleichen Kennzahlen (BRB: 311,78 €/m²; CB: 311,86 €/m²), d. h. es ist möglich, zu einem vergleichbaren Preis verschiedene Ergänzungssysteme zu installieren, die eine deutliche Senkung der laufenden Kosten mit sich bringen durch Nutzung regenerativer Ressourcen. Demgegenüber treten im Vergleich der Einzelsysteme deutliche Unterschiede auf:

- Heizung:

Die Gesamtsumme der Heizungsinstallation liegt in Brandenburg um ca. 55 % höher als in Cottbus und bezogen auf die BGF bei +51 % (BRB: 64,30 €/m²; CB: 42,48 €/m²). Darin ist die Solaranlage zur Erwärmung des Brauchwassers enthalten. An diesen Zahlen spiegelt sich das Einsparpotential bei den Investitionen wider, das durch die Qualität der schützenden Gebäudehülle erzeugt wird.

¹⁾ Aus Gründen der Vergleichbarkeit dürfte eigentlich die Pflanzenkläranlage nicht mitgerechnet werden, da auch bei Brandenburg entsprechende Kosten, wie z. B. Anschlussgebühren, nicht in der Summe enthalten sind. Damit ergibt sich ein Flächenwert von 299,20 €/m², also - 4 % gegenüber Brandenburg.

- Lüftung:
Unter Einbeziehung der Investitionen für den Erdkanal ergeben sich für beide Projekte nahezu gleiche Summen (siehe Anhang 5) und bezogen auf die BGF zeigen sich die gleichen Werte (BRB: 41,33 €/m²; CB: 41,35 €/m²). Eine differenzierte Systemplanung (in Cottbus werden nicht alle Übungseinheiten lufttechnisch behandelt) ermöglicht also Mittel freizuhalten, um die Technik zur Reduktion des Energieeinsatzes in einem anderen Bedarfsbereich zu installieren (Erdkanal versorgt Lüftungsanlage des Umkleidebereichs mit vorgewärmter Zuluft).
- Sanitäranlagen:
Die Flächenwerte beider Projekte sind nahezu identisch (BRB: 46,26 €/m; CB: 46,60 €/m²). Dabei ist der 2. Wasserkreislauf (Nutzung Regenwasser) in Cottbus mit enthalten. Also auch an diesem Gebäudesystem wird deutlich, dass der Einsatz einer energiesparenden Ergänzungsanlage zum gleichen Preis eingerichtet werden kann.
- Elektroinstallation:
Die absoluten Summen liegen nah beieinander, die Flächenwerte weichen nur geringfügig (+5,6 % für CB) voneinander ab. Strukturell unterscheiden sich die Kosten jedoch in einzelnen Positionen deutlich (siehe Anlage 5): So ist –als ein wesentlicher Unterschied- in Cottbus ein differenziertes BUS-System installiert (Gesamtsumme: € 262.825,10), über das eine Reihe von Teilsystemen innerhalb des Gebäudes gesteuert werden (dadurch wird über die zentrale Steuereinheit ein abgestimmtes Gebäudemanagement mit Verbrauchsdaten-Auswertung möglich).

4. Zusammenfassung: SBK

Bei der 'Summe der Bauwerkskosten (SBK)' weichen die beiden Projekte um 10 % (+ für CB) voneinander ab, die Flächenwerte (bezogen auf die BGF) um 13 % (+ für CB). Wie in der differenzierten Analyse nachgewiesen resultiert der Unterschied im Wesentlichen aus der Differenz bei der Gebäudehülle (+35 % für CB) und da vor allem bei der Hülle des Hallenbaus (+67 % für CB; im Kopfbau +22 % für BRB). Bei allen anderen Kostenkategorien gleichen sich die wechselseitigen Abweichungen aus und im Bereich 'Gebäudetechnik' (KG 400) sind die Sondersysteme von Cottbus sogar in der mit Brandenburg vergleichbaren Summe (€/m² BGF) enthalten.

Die Gegenüberstellung mit den Durchschnittswerten der Auswertung 'Planungs- und Kostendaten ÜBS'¹⁾ ergibt folgendes Bild:

KENNWERTE	INVESTITIONSKOSTEN (€)		
	BRB	CB	ÜA KOST (Typ B ges)
SBK/m ² BGF	1.089,54	1.229,95	1.224,00
SBK/m ³ BRI	240,00	254,00	254,00
SBK/PL.	42.305,00	46.530,00	42.217,00
KG 300/KG 400	71,4 / 28,6 %	74,6 / 25,4 %	79,9 / 20,1 %

TAB. 23: Kostenkennwerte: Abgleich mit ÜA-Kost

An diesen Größenordnungen wird die Nähe der Projektdaten beider Projekte zu den Durchschnittswerten deutlich.

¹⁾ Planungs- und Kostendaten ÜBS; GUS, 10/1995, INDEX 02/2005. Der Baupreisindex von 02/2005 liegt im 2,1 % über dem Index 2000 (kann als Referenz-Index für den Zeitraum 1998 - 2000, dem Angebots- und Abrechnungszeitraum der beiden Projekte angenommen werden).

9.2 VERGLEICH DER VERBRAUCHSDATEN

1. Wärmeenergie für Heizzwecke

Während in Cottbus der Energieeinsatz im Betrachtungszeitraum sehr konstant verläuft (Abnahme von 03 auf 04 um 70 m³ Gas, d.h.: 0,2 %), schwanken die Werte in Brandenburg erheblich (Abnahme von 03 auf 04 um 22.339 m³, d.h.: 28 %). Die Ursachen konnten nicht geklärt werden.

In beiden Fällen wurde zwischen der an der Gasuhr abgelesenen Menge (m³ Gasverbrauch) und der über die verschiedenen Messgeräte (Wärmemengenzähler) ermittelten Verbrauchswerte eine deutliche Abweichung¹⁾ festgestellt.

STANDORT	GASVERBR. (m ³)	Kwh/a			ABW. (%)	
		UMRECH.	ABLESUNG	DIFF.		
BRB	03	79.542	887.593	710.846	176.746	19,9
	04	57.203	644.027	556.010	88.017	13,7
	Ø	68.373	765.810	633.428	132.382	17,3
CB	03	36.290	404.953	284.654	120.299	29,7
	04	36.220	400.086	272.411	127.675	31,9
	Ø	36.255	402.520	278.533	123.987	30,8

TAB 24: Differenz Gas-Verbrauch (m³) und Wärmemengenmessung (kwh).

Wie aus der Darstellung zu entnehmen ist, schwankt die Abweichung sowohl von Jahr zu Jahr als auch zwischen den beiden Standorten. Im Durchschnitt beider Erhebungsjahre liegt die Abweichung in Brandenburg bei 17,3 % und mit 30,8 % in Cottbus deutlich höher. Da keine Ursache dafür gefunden werden konnte, ist im Hinblick auf die künftigen Messungen auf eine Klärung hinzuwirken.

Auf der Grundlage des Gasverbrauchs für Heizzwecke und einer proportionalen Verteilung, die auf den Messergebnissen in den Gebäudebereichen beruht, zeigen sich folgende Ergebnisse²⁾:

- Im Durchschnitt der beiden Erhebungsjahre liegt der Heizenergieverbrauch für das Gesamtgebäude in Cottbus bei ca. der Hälfte (51,8 %) des Verbrauchs in Brandenburg (2003: 45,2 %; 2004: 61,2 %). Dementsprechend liegen auch die Kennwerte für Cottbus im Durchschnitt der beiden Jahre bei weniger als der Hälfte (47,8 %) der Kennwerte in Brandenburg. Die absoluten Werte schwanken in Brandenburg zwischen 168,8 (2003) und 119,4 (2004) kwh/m² BF (Durchschnitt: 144,1 kwh/a) und in Cottbus zwischen 70,3 (2003) und 67,4 (2004) kwh/m² BF (Durchschnitt: 68,9 kwh/a).

¹⁾ siehe Punkt 7.3, TAB 13/14

²⁾ siehe Punkt 7.3, TAB. 14

- Die differenziertere Betrachtung der Gebäudeteile zeigt deutlich andere Werte:
 - Kopfbau:
Cottbus nur ca. 30 % des Kennwertes von Brandenburg (BRB: 186,3 kwh/m²; CB: 54,4 kwh/m², jeweils im Durchschnitt der Jahre 03/04)¹⁾, also deutlich unter dem Differenzwert für das Gesamtgebäude.
 - Hallenbau:
Cottbus bei ca. 60 % des Kennwertes von Brandenburg (BRB 128,5 kwh/m²; CB: 73,5 kwh/m² jeweils im Durchschnitt der Jahre 03/04)²⁾, also deutlich über dem Differenzwert für das Gesamtgebäude.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Verbrauchswerte (Durchschnitt der Jahre 03/04) des Standortes Cottbus den Vorgaben des SOLL-Konzepts³⁾ entsprechen und die Werte des Standortes Brandenburg deutlich unterschreiten. Da zur Einschätzung der ermittelten Kennzahlen keine gebäudespezifischen Vergleichswerte vorliegen, wird hilfsweise die Kategorie 'Gebäude für wissenschaftliche Lehre und Forschung' des Bauwerkszuordnungskatalogs der ARGE-Bau⁴⁾ als Referenz herangezogen. Für diese Gebäudekategorie wird in der VDI-Richtlinie 3807⁵⁾ ein Richtwert von 95 kwh/(m²a) angegeben und ein Mittelwert von 155 kwh/(m²a). Im Vergleich dazu liegt der Standort Cottbus deutlich unter dem Richtwert, der Standort Brandenburg unter dem Mittelwert⁶⁾.

Da keine grundsätzlich voneinander abweichenden äußeren Einflussfaktoren erkennbar sind (Flächen- und Volumenverhältnisse in CB eher ungünstiger, Belegung, Wetterdaten identisch), kann angenommen werden, dass dieser Effekt im Wesentlichen der leistungsfähigeren Konstruktion der Gebäudehülle im Projekt Cottbus zuzuschreiben ist.

¹⁾ Bezogen auf die Zieldiskussion 'Niedrigenergiehaus' liegt Cottbus damit im Grenzbereich (siehe z. B.: B. Steinmüller, Niedrigenergiehäuser, in: BKI Objekte E1, Stgt. 2001).

²⁾ Für diesen Gebäudeteil ist wegen der großen Geschosshöhe der flächenbezogene Kennwert wenig aussagekräftig. Die volumenbezogenen Kennwerte lauten: BRB:23,4 kwh/m³ bei A/V von 0,50; CB 13,2 kwh/m³ bei A/V von 0,52 im Durchschnitt der Jahre 03/04. Zur Einschätzung dieser Größenordnung liegen keine Vergleichswerte vor.

³⁾ Planungswerkstatt, a. a. O., S. 103: "Im Sollkonzept wird für das gesamte Gebäude ein Heizwärmebedarf von 50 - 70 kwh/(m²a) gefordert".

⁴⁾ Bauwerkszuordnungskatalog der ARGE-Bau, Staatliche Hochbauverwaltung Baden Württemberg; Freiburg 1991

⁵⁾ VDI 3807, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude, Bl. 2, TAB. 1, S. 8; Düsseldorf 1998

⁶⁾ siehe Anhang 6.3: Einordnung in die "Häufigkeitsverteilungen für Gebäudegruppen" in der VDI 3807

Zur Stabilisierung der Messergebnisse und Schaffung aktueller und vergleichbarer Bedarfszahlen sollte die Dokumentation der Messwerte an beiden Standorten durch die Nutzer fortgeführt und eine auf der EnEV basierende Neuberechnung des Wärmeschutznachweises durch die jeweiligen Fachbüros (Bauphysiker) erstellt werden.

2. Warmwasserbereitung

Die verbrauchte Wassermenge im Gesamtgebäude schwankt zwischen beiden Standorten erheblich:

In Brandenburg wurde ein nahezu 8x höherer Wert gemessen als in Cottbus (356,2 m³ zu 45,4 m³ im Durchschnitt der Jahre 03/04). Dabei resultiert die Abweichung im Wesentlichen aus den Messergebnissen im Hallenbereich (BRB: 341,6 m³; CB: 35,6 m³)¹⁾. Eine Erklärung für diese Unterschiede konnte nicht gefunden werden. Hinsichtlich der eingesetzten Energie zeigen die Messwerte ein völlig anderes Bild: Während in Brandenburg insgesamt im Durchschnitt 9.028,5 kwh/a aufgewendet wurden, ergab die Messung in Cottbus bei erheblich weniger Wasserverbrauch einen Energieeinsatz von durchschnittlich 5.494 kwh/a. Als Ergebnis zeigt sich, dass in Brandenburg zur Herstellung von 1 m³ verbrauchtes Warmwasser 25,3 kwh benötigt wurde, während in Cottbus 121,0 kwh/m³ angefallen sein sollen. Diese Unterschiede erscheinen nicht verständlich, zumal im Fall Cottbus die Energiegewinne aus der Solaranlage noch auszuweisen wären.

Da die Dimensionen am Standort Brandenburg einsichtiger erscheinen²⁾, sind die Messergebnisse in Cottbus zu überprüfen³⁾.

¹⁾ Im 'Kopfbau' liegen die Werte in ähnlichen Größenordnungen (BRB: 14,6 m³; CB: 9,8 m³)

²⁾ Vollbad oder Dusche: Ratgeber: Wärmeversorgung im Neubau ASUE-Studie (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.), 10/2003: Warmwasserverbrauch: 40 l / Person/Tag; Energieeinsatz: 48,4 kwh/m³ WW. Bei Ansatz dieser Zahlen zeigt sich für Brandenburg ein Aufwand von etwa der Hälfte dieser Durchschnittswerte und hinsichtlich des Verbrauchs ca. ¼ des Durchschnittsvolumens von 40 l / Person und Tag bezogen auf die Population von ca. 180 Personen und einer Jahresnutzungszeit von 200 Tagen (40 Wo x 5 Tg.).

³⁾ Obwohl der Nutzer frühzeitig auf diese Problematik hingewiesen wurde, konnte während der Bearbeitungszeit dieser Studie keine Lösung gefunden werden.

3. Elektroenergie

Der Elektroenergieverbrauch zeigt bei beiden Standorten weitgehende Übereinstimmung, sodass die ausgewiesenen allgemeinen Kennwerte (BRB: 11,3 kWh/m² NGF; CB: 11,2 kWh/m² NGF im Durchschnitt der Jahre 03/04) möglicherweise als typisch für eine derartige Einrichtung angesehen werden können. Ein differenzierter Vergleich ist nicht möglich, da am Standort Brandenburg aufgrund der gegebenen Trassenführung der

Elektroinstallation keine Messgeräte für einzelne Anlagenteile (Beleuchtung, Steckdosen etc.) mit vertretbarem Aufwand nachgerüstet werden konnten.

Falls zu einem späteren Zeitpunkt geplant sein sollte, ein BUS-System (wie am Standort Cottbus) einzurichten, sollte auf jeden Fall ein Messbereich für die Beleuchtung vorgesehen werden. Damit wären die Voraussetzungen geschaffen, um eine messtechnische Erfassung – wiederum im Vergleich Brandenburg/ Cottbus – der Wechselwirkung zwischen verfügbarer natürlicher Belichtung und künstlicher Beleuchtung zu ermöglichen.

Während die allgemeinen Kennwerte nahezu deckungsgleiche Ergebnisse in beiden Projekten zeigen, liegt der Energieeinsatz in den Küchenbereichen extrem auseinander. Ursache dafür ist das Heizmedium beim Kochen: in Brandenburg werden die wesentlichen Kochgeräte elektrisch betrieben, in Cottbus wird mit Gas gekocht (siehe 'Sollkonzept'). In der Gegenüberstellung ergibt sich folgendes Bild:

STAND-ORT	VERBRAUCH 03/04		kwh/a (m ³ x 11,1)	LFD. KOSTEN (€) ¹⁾	
	kwh/a (elt)	Gas (m ³)		elt (0,16 €/kwh)	gas (0,03947€/kwh)
BRB	100.195,5	-	-	16.031,28	-
CB	23.816,5	1.018	111.199,8	3.810,64	4.389,06

TAB 25: Gegenüberstellung Energieverbrauch Küche

Obwohl am Standort Cottbus in der Summe ca. 35 % mehr Energie aufgewendet wird, ergibt sich aufgrund der günstigen Kosten-Nutzen-Relation bei Verwendung von Gas im Saldo eine Einsparung von ca. 50 % der Kosten gegenüber Brandenburg.

4. Wasserverbrauch

Der Gesamtverbrauch in Cottbus liegt mit ca. 950 m³ im Durchschnitt der Jahre 03/04 um ca. 25 % unter dem in Brandenburg (1.266 m³). Eine Ursache dafür konnte nicht gefunden werden²⁾.

Insbesondere ein Vergleich der Verbrauchsdaten im Kopfbau

¹⁾ Die Kosten wurden aus der Darstellung des KOMZET Cottbus übernommen.

²⁾ Vermutung: Zusammenhang mit dem niedrigen WW-Verbrauch (siehe Punkt 2 bei 9.2)

(BRB: 465,9 m³ / CB: 788,5 m³) zu denen im Hallenbau (BRB: 800,2 m³ / CB: 161,4 m³) deutet auf eine Unstimmigkeit der Messungen hin.

Ein wesentliches Merkmal im Vergleich der beiden Standorte zeigt sich in der Regenwassernutzung in Cottbus. Von dem ermittelten Gesamtverbrauch konnte dort ca. 60 % aus dieser Quelle gespeist und somit die laufenden Kosten deutlich gesenkt werden¹⁾. Das Regenwasser wird zur Toilettenspülung im Gesamtgebäude genutzt, zur Reinigung des Werkzeugs und Geräts im Werkstattbereich und im Außenbereich. Da keine getrennte Messung für den Verbrauch in den verschiedenen Nutzungszonen (Kopfbau, Hallenbau und Außenbereich) durchgeführt wurden, konnte eine Aufteilung nur über eine Analogrechnung erfolgen (siehe Anm. Tab. 19).

5. Sondereinrichtungen in Cottbus

a) Erdkanal

Im Messkonzept für das 'Modellprojekt ÜAZ Cottbus' vom 18.01.2001²⁾ war vorgesehen, die über den Erdkanal erwirtschafteten Energiegewinne (Vorwärmung Frischluftzufuhr in den Umkleiden) messtechnisch zu erfassen. Dazu sollten einerseits die Temperaturdifferenzen (innen, außen, im Erdkanal) festgestellt werden³⁾ und zum anderen über eine Analogrechnung aus dem Impulsgeber der Lüftungsanlage im Umkleidebereich der Volumenstrom im Erdkanal ermittelt werden. Trotz vielfacher Korrespondenzen mit den beteiligten Planern und Firmen konnte im Bearbeitungszeitraum der vorliegenden Studie kein Ergebnis erzielt werden⁴⁾. Es wird daher empfohlen, den Zuwendungsempfänger zu verpflichten, ein Ergebnis herbeizuführen.

b) Pflanzenkläranlage

Der Einsatz der Pflanzenkläranlage erzeugt keine direkt vergleichbaren Verbrauchsdaten. Die Prüfung der Wirtschaftlichkeit dieser Einrichtung kann daher nur über einen Sekundärvergleich der angefallenen Kosten erfolgen:

- In Brandenburg fielen im Mittel der Jahre 03/04 angesichts des festgestellten Wasserverbrauchs Kosten in Höhe von € 3.968,21 an⁵⁾;
- In Cottbus wurden 1.617,6 kWh zum Betrieb der Pumpen im Durchschnitt 03/04 aufgewendet, d. h. bei einem Kostenansatz von € 0,16 / kWh⁵⁾ eine Summe von € 258,82.

1) Bei Ansatz von € 2,50/m³ Wasser ergibt sich eine Summe von € 1.425,-/Jahr.

2) Siehe: GUS, Projektbegleitung, Punkt 4, S. 23 ff

3) Bei Abfrage der Messdaten wurde festgestellt, dass ein Temperaturfühler keine Werte liefert. Dieser Fehler wurde zwischenzeitlich behoben.

4) Der Planer der Anlage vertritt nach wie vor die Auffassung, dass der Weg über die Analogrechnung gangbar ist; der Hersteller der Anlage besteht auf dem Einbau eines zusätzlichen Messgeräts zur Erfassung des Volumenstroms im Erdkanal.

5) Darstellung aus der Erhebung des KOMZET Cottbus

Im Saldo ergibt sich aus diesen Angaben für den Standort Cottbus ein Anteil von 6,5 % der Ausgaben am Standort Brandenburg¹⁾.

c) 2. Wasserkreislauf

Die Gewinne aus der Installation dieses Systems sind unter Punkt 4, S. 54, dargestellt.

d) Solaranlage

Die ausgewiesenen 'Gewinne' aus der Solaranlage umfassen (lt. Auswertungsbögen) für 2004: 1.926.662,99 kwh und für 2003: 2.035.440,99 kwh; im Durchschnitt der beiden Erhebungsjahre also ca. 2.000.000 kwh. Diese Zahl ist in den Auswertungsbögen von Cottbus als 'Jahresverbrauch' ausgewiesen. Offensichtlich ist hier im Auswertungsprogramm eine Fehlinterpretation enthalten: Zum einen handelt es sich bei den Messungen tatsächlich um die 'solaren Gewinne' insgesamt und zum anderen muss das Ergebnis mit dem Faktor 0,01 multipliziert werden²⁾, um eine Übereinstimmung mit den Leistungsangaben des Kollektor-Typs herzustellen³⁾. Nicht festgestellt werden konnte, wie hoch der zur Warmwasserbereitung genutzte Anteil dieser Gewinne war. Zwar geht aus den Planungsunterlagen (Messkonzept, Ausschreibungstexte) hervor, dass Messgeräte entsprechend hätten eingebaut werden sollen, ob und an welchen Positionen die Montage erfolgt ist, konnte nicht geklärt werden. Daher ist dafür Sorge zu tragen, dass durch Überprüfung der Anlage die gewünschten Ergebnisse vorgelegt werden können.

e) BUS-System

Die wirtschaftlichen Effekte der Steuerungsmöglichkeiten von Beleuchtung und Raumklima kann erst nach mehreren Betriebsjahren festgestellt werden. Aufgrund der geringen Zeitspanne von 2 Jahren vergleichbarer Datenerfassung zeigen sich noch keine signifikanten Veränderungen. Auch liegt kein Erfahrungsbericht über den Umgang mit dem System vor. Offensichtlich zeigt das Programm zur Verbrauchsdatenerfassung noch Mängel, die teilweise durch die Datenanalyse in der vorliegenden Untersuchung aufgedeckt und behoben wurden. Ein Vergleich mit dem Standort Brandenburg wird erst dann möglich, wenn auch dort ein ähnliches Steuerungssystem installiert wäre (siehe Anm. bei Punkt 3, S. 54).

¹⁾ Dabei ist zu bedenken, dass der Wasserverbrauch am Standort Cottbus zu überprüfen ist (siehe Punkt 9.2, 4); weiterhin ist nicht bekannt, ob in Cottbus pauschale Gebühren für Verbraucher mit eigenen Klärgruben erhoben werden.

²⁾ Schreiben des KOMZET Cottbus vom 20.05.2005

³⁾ Typ FK 200/2, Fläche 2,2 m², 20 Stück (= 44 m²)

9.3 GEGENÜBERSTELLUNG:

INVESTITIONEN – VERBRAUCHSDATEN

Im Ergebnis der Investitionskosten- und Energieverbrauchsanalyse zeigt sich bei einem um ca. 12 %¹⁾ höheren Mitteleinsatz²⁾ (SBK/m² BGF) ein um ca. 50 % geringerer Heizenergieverbrauch³⁾ im Durchschnitt der Jahre 2003/04. Dazu wurden folgende Mengen festgestellt:

KENNZAHL	ABSOLUTE WERTE			%
	BRB	CB	DIFF (BRB/CB)	
Summe Bauwerkskosten (SBK)	6.768.800,00	7.368.146,00	- 599.346,00	8,9
SBK/m ² BGF	1.089,54	1.217,29	-127,75	11,7
kwh/a (Ø 03/04)	765.810	402.520	+363.290	90,3
kwh/(m ² a) Ø 03/04	144,1	68,9	+75,2	109,1
kwh/(m ³ a) Ø 03/04	27,2	13,7	+13,5	101,5

TAB 26: Eckwerte Baukosten (SBK)/Heizenergieverbrauch

Dem Gewinn hinzuzurechnen ist auf jeden Fall auch die positive Bilanz aus der Regenwassernutzung (ca. 570 m³/a Ø 03/04). Die Energieeinsparung durch Nutzung Solar-Anlage und Erdkanal konnten nicht festgestellt werden⁴⁾.

Bei einem Verrechnungssatz von 0,04 €/kwh Gas⁵⁾ und 1,37 €/m³ Wasser⁵⁾ ergibt sich ein Einsparpotential von € 15.312,50/Jahr. In dieser Bilanz ist der Energieeinsatz in der Küche nicht enthalten (siehe Punkt 3, S. 54).

Darüber hinaus ist ein wesentlicher Aspekt bei dieser Gegenüberstellung nicht behandelt: die Senkung der CO₂-Emission. Sowohl das hier festgestellte niedrige Niveau des Energieverbrauchs im laufenden Betrieb als auch die weitgehenden Bemühungen in der Planungsphase bei der Materialwahl (Berücksichtigung der Ökobilanzen), der Verarbeitung (Vermeidung von Abfällen, Registrierung der Materialflüsse), der Lebensdauer und den Rückbaumöglichkeiten der Konstruktionen und Entsorgung der Baustoffe lassen noch weit positivere Ergebnisse hinsichtlich der Energiebilanzen erwarten. Dazu müssen allerdings komplexere Analysen erfolgen, als in der vorliegenden Untersuchung möglich war (siehe Punkt 4, S.61).

¹⁾ ohne Pflanzenkläranlage

²⁾ Dabei ist zu berücksichtigen, dass kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Investitionskosten und der wärmetechnischen Qualität der Hüllflächen nachgewiesen werden konnte (siehe Punkt 6.1).

³⁾ Die anderen Verbrauchswerte (Elektro-Energie) sind im Hinblick auf die Investitionskosten der Hüllfläche nicht von Bedeutung.

⁴⁾ siehe Punkt 9.2, 5a und 5d

⁵⁾ Kostensätze aus der Unterlage des KOMZET-Cottbus