

# **BioSkin – Bionische Fassaden: Potenziale aus der Bionik für adaptive energieeffiziente Fassaden der Zukunft**

Susanne Gosztanyi  
Austrian Institute of Technology, Energy Department  
Sustainable Building Technology  
AT-Vienna





# BioSkin – Bionische Fassaden: Potenziale aus der Bionik für adaptive energieeffiziente Fassaden der Zukunft

## 1. Einleitung

### 1.1. Energieeffiziente Gebäudehüllen

Die Rolle der Gebäudehülle hat sich aufgrund der Vorgaben zur Effizienzsteigerung von Gebäuden im Rahmen der Klima- und Energieaktionspläne<sup>1</sup> grundlegend von einer passiven Schutzhülle zu einem aktiven Regulator der Energiebilanz eines Gebäudes gewandelt. Neuen Konzepten wird nicht nur bauphysikalisch hochwertige Eigenschaften abverlangt, sondern auch regulierende Fähigkeiten zur Klimakonditionierung im Gebäudeinneren bis hin zur Gewinnung von solarer Energie.<sup>2</sup>

Die Fassade, die den grössten Anteil der Gebäudehülle bestimmt, steht dabei aufgrund der komplexen Herausforderung, sowohl ästhetische Gestaltung, formale Bedingungen als auch funktionale Aufgaben zu vereinen, im Zentrum der Entwicklungen. Sie muss eine Vielfalt an unterschiedlichen, durchaus auch widersprüchlichen Anforderungen erfüllen, wie zB Maximierung des Tageslichts bei Minimierung von thermischer Überhitzung, Wärmeschutz und transparentes Erscheinungsbild, deren Bedingungen sich je nach Jahreszeit oder Tageszeit auch umkehren können.

Mit sogenannten „Multifunktionsfassaden“, welche durch die Integration aktiver Baustoffe, Fassadenbauteile oder -komponenten zu reagierenden Techniksystemen werden, wird versucht, diesen Anforderungen gerecht zu werden (Abbildung 1).

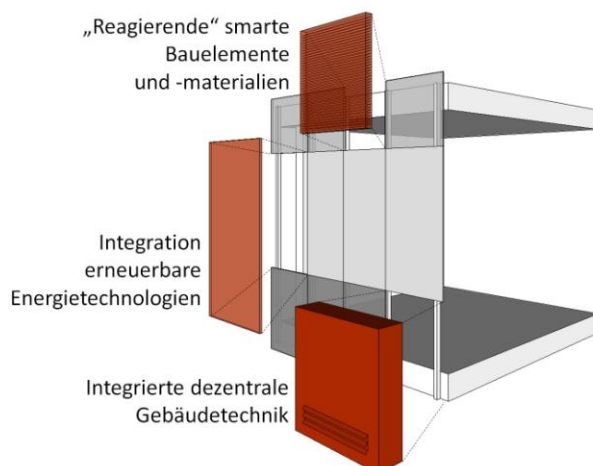


Abbildung 1: Prinzip Multifunktionsfassade – Integration von aktiven Komponenten (Solartechnologien, Haustechnik, Smarte Funktionsmaterialien) [Grafik: S. Gosztanyi, AIT]

Multifunktionsfassaden sind im Allgemeinen jedoch mit höheren Konstruktions- und Wartungsaufwand verbunden und als High-Tech Lösungen wirtschaftlich betrachtet vorwiegend für den Markt mittel- und hochpreisiger Neubauten bestimmt. Weiteres sind die einzelnen Bauteile und Komponenten aufgrund chemischer und mechanischer Einflüsse und Wechselwirkungen im Verbund sowie durch den Betrieb letztendlich von unterschiedlicher Lebensdauer. Damit ist die Funktionsdauer der Fassade mit der Lebensdauer eines Bauwerks nicht kongruent.

<sup>1</sup> Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates über die ‚Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden‘, 19.5.2010, Amtsblatt der EU.

<sup>2</sup> Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: *Wege zum Effizienzhaus-Plus*, im Rahmen der Förderinitiative ‚Modellprojekte im Plus-Energie-Haus-Standard‘. Broschüre, 2011.

Daher sind innovative Alternativen gefragt, welche selbstregulierend ein Maximum an Energieeffizienz und Komfort mit einem Minimum an Ressourcenverbrauch und grauer Energie auf robuste Art und Weise verbinden können. Um die Nachhaltigkeit dieser Systeme gewährleisten zu können, sollte idealerweise der Ansatz einer recyclingfähigen Light-Tech Gesamtlösung des Systems verfolgt werden, sprich durch inhärente Eigenschaft der Struktur oder des Materials selbst werden die gewünschten Anforderungen erfüllt (Abbildung 2).

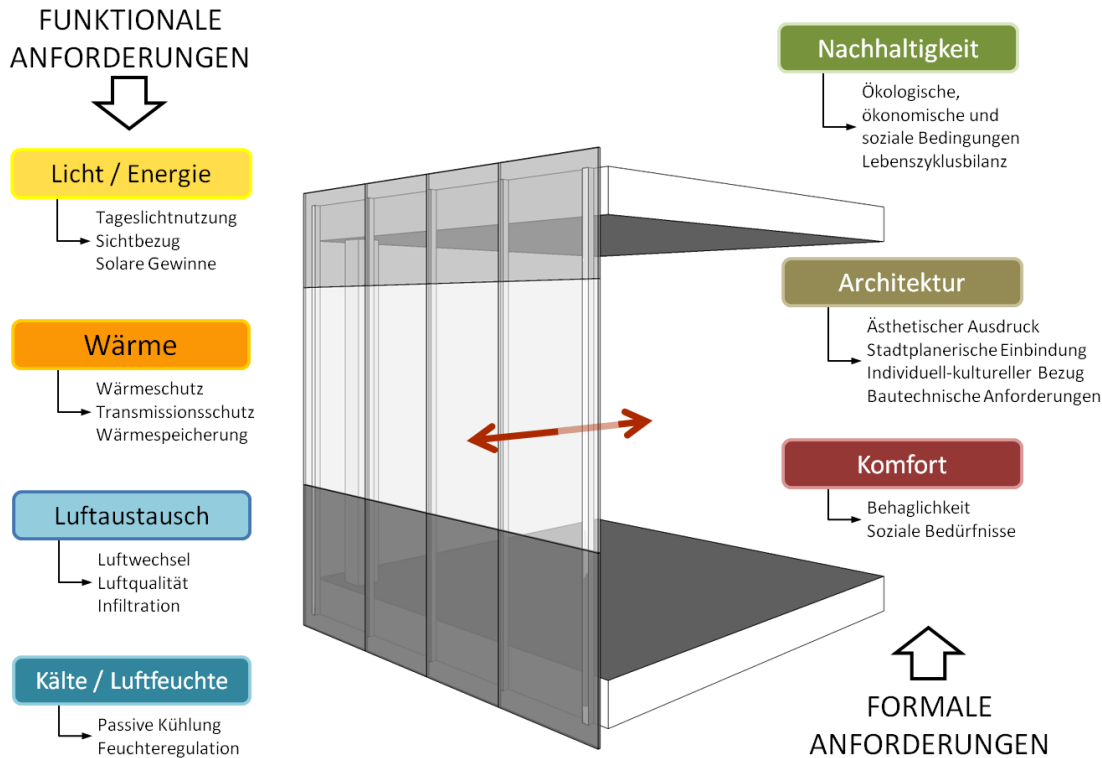


Abbildung 2: Anforderungsprofile der Gebäudehülle / Fassade, welche mit Energie in direktem oder indirektem Zusammenhang stehen – Grundlage für bionische Potenzialsuche [Grafik: S. Gosztanyi, AIT]

Diese Idee stellt im Grunde kein Novum dar, betrachtet man Beispiele der traditionellen klimagerechten Bauweise, deren Raumprogramm, Gebäudeform und Materialwahl den lokalen Bedingungen angepasst ist. So sind zum Beispiel die klassischen Lehmbauten in den trockenen heißen Klimaregionen Zentralasiens mit massiven Wandstärken und schattigen Innenhöfen mit Wasserflächen zur adiabaten Kühlung den Bedingungen gut angepasst und schaffen relativ gesehen angenehme Innenraumkonditionen. Jedoch sind diese Bauweisen zum Teil nicht mehr umsetzbar und können daher nur als prinzipielles Vorbild dienen.

## 1.2. Bionik - Inspirationspool für neue Lösungsansätze

Weitere sehr inspirierende Vorbilder können in der Natur gefunden werden. Biologische Organismen sind multifunktional, robust und imstande, trotz geringstem Material- und Energieaufwand maximale Funktionalität für Überleben und Fortpflanzung zu erreichen. Sie sind in ein nachhaltiges Kreislaufsystem ohne Ressourcenverschwendung eingebunden und weisen auf die Aufgabe(n) gut abgestimmte Multifunktionalität und Adaptivität auf.

Die Aufgaben einiger biologischer Organismen gleichen denen der Anforderungen an eine Gebäude in physikalischer und regulativer Hinsicht. Der Unterschied liegt meist in der Gestaltung des Gesamtsystems: Biologische Organismen sind in der Lage, durch strukturelle Differenzierung eines Grundbaustoffes auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen auf wechselnde Bedingungen zu reagieren. Durch die permanente Kommunikation mit der Umwelt und durch Selbstorganisation dieser Strukturen kann sich ein biologischer Organismus den Umweltbedingungen kontinuierlich anpassen.

## 2. Bionische Potenziale für energieeffiziente Fassaden

Das Leitmotiv der Grundlagenstudie BioSkin<sup>3</sup> war, Forschungspotenziale für alternative Lösungen zur Leistungssteigerung von Fassaden zu identifizieren. Durch die systematische Analogiesuche nach Energieeffizienzstrategien biologischer Organismen sollen bionische Potenziale aufgezeigt werden, welche die additive Komponenten- und Bauteilsystematik der Multifunktionsfassade durch selbst-adaptive und integrative Konzepte ergänzen oder ersetzen könnten, um das System nachhaltig zu verbessern (Abbildung 3).

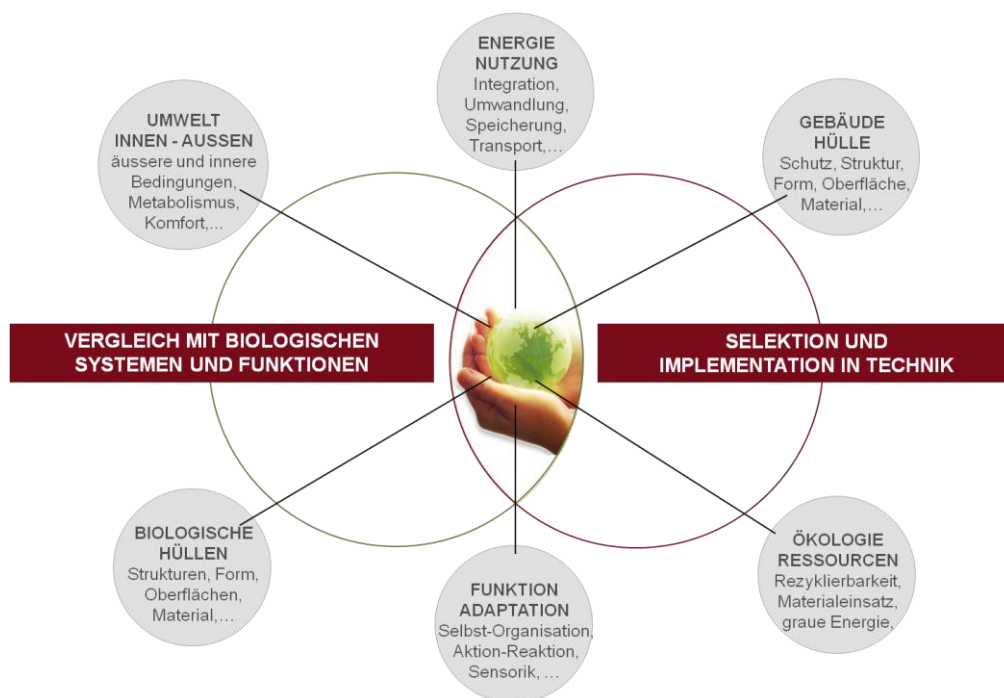


Abbildung 3: Potenziale der Bionik für energieeffiziente Gebäudehüllen – BioSkin Suchfelder in Technologie und Biologie [Grafik: S. Gosztanyi, AIT]

Dabei wurden folgende Gesamtziele verfolgt:

- Evaluierung des „bionischen“ Potenzials für nachhaltige und energieeffiziente Gebäudehüllen bzw. Fassadenkonzepte durch den Transfer von Prinzipien biologischer Vorbilder.
- Evaluierung der Anwendbarkeit der Analogieforschung in der Bionik und interdisziplinärer Methoden zur Übertragung biologischer Prinzipien in technische Entwicklungen in Rahmen der Energieforschung.

### 2.1. Methodik und Vorgehensweise

Unter Einsatz des Top-Down Ansatzes in der Bionik, der Analogieforschung, wurden auf Basis von exakten Fragestellungen biologische Funktionsprinzipien identifiziert und deren technische Übertragungsfähigkeit evaluiert, sowie das Potenzial zur Energieeinsparung und Komfortsteigerung als bionisches Fassadenelement eingeschätzt (Abbildung 4). Die Evaluation wurde durch definierte Zielkriterien und einer international renommierten Expert/innenteams entlang des Projektprozesses gesteuert. Zur, für die Studie zum Teil entwickelten Methodik wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.

#### Herausforderungen

Die Identifikation, Selektion und Übertragung biologischer Funktionsprinzipien auf technische Konzepte verläuft über mehrere Abstraktions- und Modifikationschritte und ist nicht

<sup>3</sup> BioSkin - „Forschungspotenziale für bionisch inspirierte energieeffiziente Fassadentechnologien“ wird vom AIT, Energy Department, im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft durchgeführt, welche im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie durch die Forschungsförderungsgesellschaft, der ÖGUT und dem Austria Wirtschaftsservice abgewickelt wird.

trivial. Ihre Umsetzung verlangt von den Projektbeteiligten ein hohes Maß an Interdisziplinarität und ein Basisverständnis der unterschiedlichen Fachtermini. Ein funktionierender Wissenstransfer zwischen den Naturwissenschaften (Biologie, Physik und Chemie, etc.) und Ingenieurwissenschaften (Verfahrenstechnik etc.) ist unabdingbar.

Um eine systematisierte Übertragung erfolgreich umsetzen zu können, wurde für die Studie daher ein Innovationsprozess entwickelt, der die grundlegenden Bedingungen zur Durchführung (zB Erarbeitung der Zieldefinition, Kontrolle der erreichten Zwischenergebnisse und der Qualität der Milestones, Feedbackschleifen im Arbeitsprozess) bis hin zum effizienten Herausfiltern der für die technischen Problemlösungen relevanten Aspekte begleitete. Die zwei wesentlichsten Grundpfeiler des Prozesses sind durch die Einbindung eines interdisziplinären Teams aus internationalen Expert/innen der Architekturbionik, Fassadentechnik, Biologie, Materialwissenschaften und Ökologie, und durch die Integration unterschiedlichster Methoden aus der Innovationsforschung, Kreativtechniken und wissenschaftlichen Analytik gegeben.

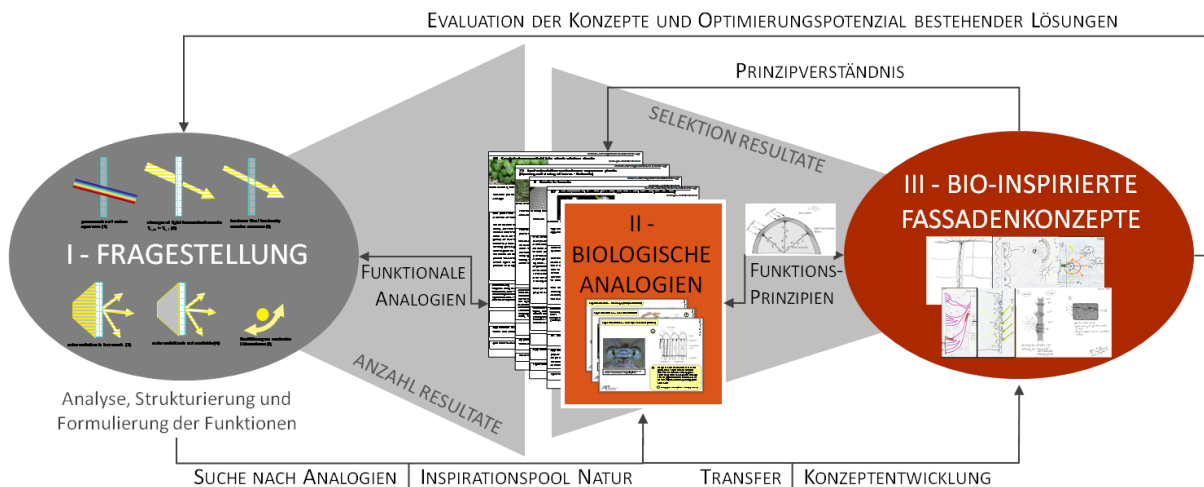


Abbildung 4: BioSkin Ablauf (Top-Down Ansatz): Auf Basis konkret formulierter technischer Fragestellungen (I) werden biologische Vorbilder gesucht (II) und deren Prinzipien auf die Übertragbarkeit in eine technische Lösung (III) geprüft [Grafik: S. Gosztanyi, AIT]

### Entwicklungsphasen im Projekt

Entlang der 3 Hauptentwicklungsphasen ‚FRAGESTELLUNG‘, ‚ANALOGIESUCHE‘ und ‚KONZEPTENTWICKLUNG und ANALYSE‘ wurden 6 Arbeitsstufen definiert:

- Stufe 1 – Strategien festlegen und Fragen entwickeln
- Stufe 2 – Biologische Suchmatrix definieren
- Stufe 3 – Analogien aus der Natur suchen
- Stufe 4 – Identifizierte Vorbilder strukturieren, abstrahieren und verstehen
- Stufe 5 – Konzepte entwickeln
- Stufe 6 – Konzepte auf Machbarkeit prüfen, mit existenten Lösungen vergleichen

### I – FRAGESTELLUNG (“principle data base”)

Als Startbasis diente eine detaillierte technisch-physikalische Aufbereitung bzw. Profilerstellung der wesentlichsten Funktionen der Fassade, welche Energiebilanz und Komfortempfinden gleichermaßen beeinflussen (Stufe 1). Thermisch und visuell beschreibbare Faktoren der Behaglichkeit werden dabei ins Zentrum gestellt, da die Erreichung einer hohen Behaglichkeit (Bedürfnis Nutzer) stets mit dem Einsatz von Energie verbunden ist. Bautechnische Anforderungen (z.B. Leichtbau, bautechnische Integration) und Akustik wurden aus den Suchfeldern aufgrund einer zu hohen Komplexität der Aufgabe herausgenommen.

37 Funktionen wurden als Kriterien für eine energieeffiziente Fassade definiert, welche in mehreren Abstraktionsschritten zu 40 „bionische Fragestellungen“ (Stufe 2) weiterentwickelt wurden, um die Analogiesuche in wissenschaftlichen Datenbanken und Publikationen aus der Biologie zu ermöglichen (Abbildung 5).

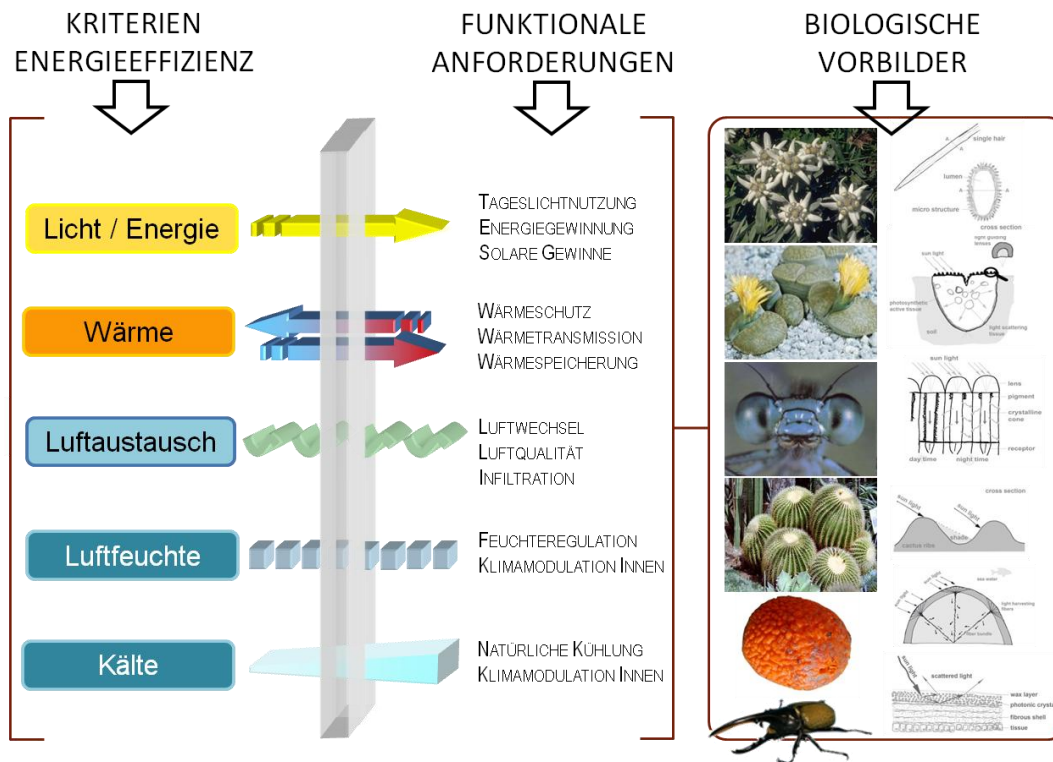


Abbildung 5: BioSkin Analogiesuche für energieeffiziente Fassaden – Selektionskriterien: ‚Energieeinsparungspotenzial‘, ‚Komfort‘, ‚Ästhetik‘, ‚eingebettete Multifunktionalität‘ und ‚selbst-adaptive Regulation‘ [Grafik: S. Gosztonyi, AIT]

## II - ANALOGIESUCHE („bionic data base“) und III - KONZEPTENTWICKLUNG und ANALYSE („case studies“)

Die Suche in wissenschaftlichen Datenbanken und Publikationen aus vorwiegend biologischen Wissenschaftsbereichen wurden mit Unterstützung durch das internationale Expert/innenteam und durch Interviews mit Bioniker/innen und Biolog/innen durchgeführt (Stufe 3). Aus einem Daten-Pool von ca. 240 identifizierten potenziellen Organismen wurden 40 biologische Vorbilder selektiert, deren Funktionalität für eine nähere Analyse als vielversprechend galten. Von diesen Vorbildern wurden biologische Kenndatenblätter mit näherer Beschreibung des Organismus und des Funktionsprinzips angefertigt (Stufe 4). Davon wurden wiederum 20 biologische Vorbilder selektiert und deren Funktionsprinzipien im Detail in, für das Projekt entwickelte „Creative Cards“ aufbereitet (Abbildung 6).

Die „Creative Cards“ dienten als Inspirationsbasis für die technische Konzeptentwicklung, welche in mehreren Entwurfsworkshops durchgeführt wurden. Eine erforderliche Besonderheit der Workshops war die Einladung von Expert/innen und Student/innen aus unterschiedlichsten technischen Bereichen (Maschinenbau, Architektur, Physik, Elektrotechnik, Energietechnik, Haustechnik, etc.), um eine kreative Vielfalt an Lösungen zu erhalten (Stufe 5). Von 32 bionischen Konzeptentwürfen wurden letztendlich 7 Konzepte im Rahmen der Studie auf Funktionseigenschaften und technische Machbarkeit hin analysiert (Stufe 6).

Object	Functional principle	Category a		Category n..i
		Organism a	Organism b	Organism n..i
Sub-function	Functional description	highly sensitive colour change in the colour. The structure consists of a multi-layered structure of thin film layers with varying thicknesses.	reflects daylight selectively	
	Functional sketch			
	Keywords			

Abbildung 6: BioSkin Methodenentwicklung - Auf Basis ‚biologischer Kennblättern‘ (links) wurden Prinzipien mithilfe der ‚Morphologischen Analyse‘ (oben) extrahiert und in einer Matrix systematisch aufbereitet, um Funktionszuordnungen zu schaffen. Die interessantesten Beispiele wurden in ‚Creative Cards‘ (Mitte) grafisch für interdisziplinäre Entwurfsworkshops im Rahmen des Projekts zusammengefasst. [Quelle: S. Gosztonyi, AIT]

### 3. Ergebnisbeispiel: Bionisch inspirierte Lichtverteilung

Für die Fragestellung ‚Tageslichtnutzung‘ wurden aus dem biologischen Daten-Pool ca. 80 Organismen recherchiert. Die Funktionsprinzipien von 9 gut dokumentierten biologischen Beispielen wurden detaillierter analysiert, um deren Potenzial für innovative Lösungsansätze zur Nutzung des Tageslichts bei Minimierung nachteiliger Effekte zu identifizieren. Daraus wurde in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Expertinnen und Experten ein mögliches bionisches Konzept entworfen und auf grundsätzliche Machbarkeit analysiert. Dieses Konzept wird im Folgenden näher vorgestellt.

#### 3.1. Tageslicht und Energieeffizienz

Während hinsichtlich Energieeffizienz bei der Sanierung von Altbauten die thermische Sanierung auch auf Grund des hohen Einsparungspotenzials zunehmend in den Fokus rückt, gibt es zur Tageslichtnutzung noch deutlich weniger Überlegungen. Eine möglichst weitreichenden Nutzung des vorhandenen Tageslichts und eine Reduktion des für die künstliche Beleuchtung notwendigen Energiebedarfs sind jedoch in der Gesamtbetrachtung der Energieeinsparungsmaßnahmen unumgänglich. Gerade bei Gebäudezonen, in denen eine natürliche Belichtung und Sichtverbindung ins Freie nicht vorhanden ist (z.B. Gangbereiche, innenliegende Nebenräume), ist auch tagsüber häufig eine durchgehende künstliche Beleuchtung notwendig (Abbildung 7). Effiziente Lichtlenk- und Lichtleitsysteme, die eine Verteilung des natürlichen Lichtes in tiefliegende Innenräume ohne Energieaufwand gewährleistet, können einen wertvollen Beitrag zur Reduktion des Energieverbrauchs durch Kunstlicht leisten.

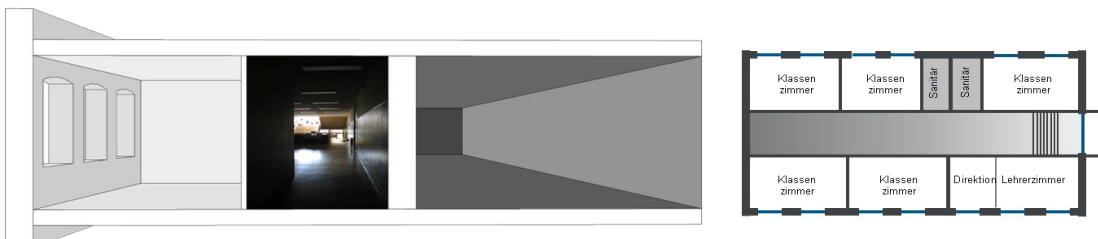


Abbildung 7: Problematik bei Bestandsbauten mit tiefliegenden Zonen ohne natürlicher Belichtung – Gebäudetypus Schulbau [Grafik: S. Gosztonyi]



### 3.2. Fragestellung

Die Fragestellungen zur Tageslichtnutzung, aufgeschlüsselt in z.B. maximale und selektive Transmission des sichtbaren Lichts oder Nutzung und Verteilung der vorhandenen Lichtstärken des Umgebungslichts, wurden mit dem Ziel aufgestellt, Nutzungsprinzipien natürlicher Lichtquellen in der Natur zu sondieren. Lösungen zu Lichttransmission und Lichtverteilung finden sich in der Natur in unterschiedlichsten Organismen, so auch bei einigen Meeresorganismen welche unter extremen Bedingungen Licht zum Überleben benötigen. In Tabelle 1 ist eine Auswahl biologischer Vorbilder bzw. deren über Jahrtausende entwickelten Strategien zur effizienten Lichtsammlung und Lichtleitung zusammengefasst.

Tabelle 1: Auszug biologischer Prinzipien und Vorbilder zur Tageslichtnutzung

TAGESLICHT NUTZUNG							
Auszug biologischer Prinzipien							
technisches Funktionsziel	Strukturfarben	anti-reflektive Beschichtung	Lichttransmission durch Linsen und Facetten	Lichttransmission durch Fasern und Kristalle	selektive Lichtkontrolle durch Pigmente	Statische Verschattungsstrukturen	reversible Aktuator-systeme
maximale Lichttransmission	x	x	x	x	x		
Selektive Lichttransmission	x	x			x	x	x
Lichtleitung	x	x		x			
Beispiel potenzieller biologische Vorbilder	Cyphochilus Käfer, Herkuleskäfer ( <i>Scarabaeidae</i> )	Motten-äugen ( <i>Deilephila elpenor</i> )	Gießkannenschwamm ( <i>Euplectella aspergillum</i> )	Meerorange ( <i>Thethya aurantium</i> )	Facettenaugen von Insekten ( <i>Oculi compositi</i> )	Kakteen-gewächse ( <i>Cactaceae</i> )	Blattbewegungen, Orientierung der Heliconia

### 3.3. Gewähltes Vorbild

Die Meerorange (*Thethya aurantia*, Abbildung 8) gehört zur Familie der Schwämme (*Porifera*) und besitzt die erstaunliche Funktion, Silikatfasern als Lichtleiter einzusetzen – lange bevor Glasfasertechnologien entwickelt wurden [1]. Mithilfe von radial verlaufenden amorphen Silikatstrukturen kann der Schwamm Licht an der Oberfläche sammeln und an die photosynthetisch aktiven Organismen im Inneren seines Körpers leiten und abgeben.

Soweit aus der Fachliteratur im Bereich der Meeresforschung bisher entnommen werden konnte, kombiniert der Schwamm drei Funktionsprinzipien: (a) Lichttransmission von der Körperoberfläche in das Körperinnere mithilfe der Silikatfasern bzw. Skelettnadeln, welche in trichterförmiger Anordnung an der Oberfläche auch die Lichtsammlung übernehmen. Die Lichttransmissionseffizienz liegt bei ca. 60% des Ausgangwertes und die Skelettnadelartige Struktur erlaubt eine Lichtausbeute unterschiedlicher Wellenlängen; (b) Die lichtleitenden Fasern bestehen aus einzelnen Fasernbündeln, welche nicht nur die Lichttransmission in den Körper ermöglichen, sondern auch Lichtemission zwischen den einzelnen Bündeln. Dadurch wird der Schwamm mit der nötigen Lichtenergie versorgt; (c) Wenig Information wurde bisher zur dritten Eigenschaft der Fasern als Hochpass-Filter (<615nm) bzw. Tiefpass-Filter (>1310 nm) gefunden. Das Fasermaterial besteht jedenfalls aus dem häufig vorkommenden Element Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>) [2] [3].

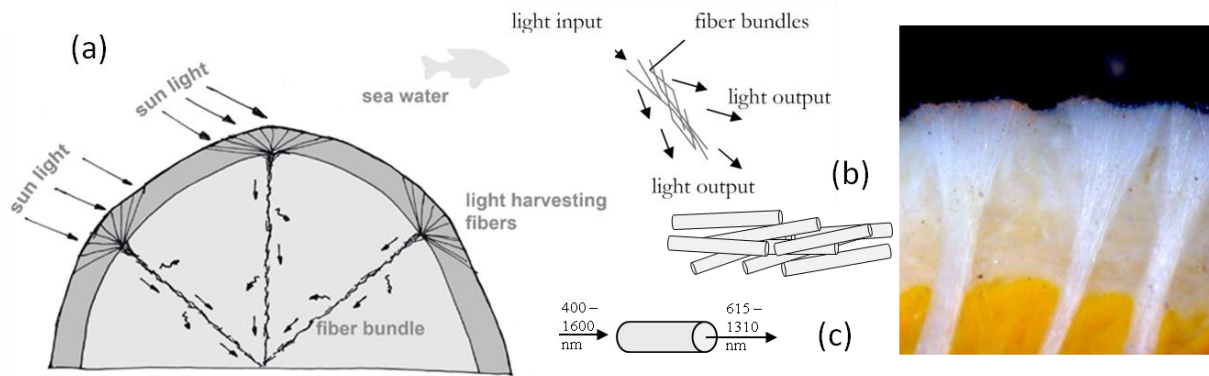


Abbildung 8: Prinzip der Meerorange (*Thethya aurantia*). Habitat: Tiefsee. Schlüsselfunktion: (a) Lichttransfer, (b) Lichtverteilung durch Silikatfasern, (c) Multimode-Lichtfasern. [Skizzen © S. Richter, AIT. Foto: „Drei Nadelbündel der Thethya“ © Universität Stuttgart, Zoologie (Pressemitteilung Universität Stuttgart, 17.11.2008 - <http://idw-online.de/de/news289131> [4].]

### 3.4. Die bionische Konzeptidee

Die Designidee greift die eingangs beschriebene Fragestellung auf und stellt ein Konzept für die nachträgliche Integration eines Tageslichtsystems in Bestandsgebäude vor. Räume mit keiner oder geringer natürlicher Belichtung sollen mithilfe eines textilen 3D-Fasergewirkes, welches natürliches Licht gleichmäßig und flächig verteilt, belichtet werden. Dazu sind drei Komponenten nötig: Komponente 1 sammelt mithilfe eines konzentrierenden Linsensystems (z.B. Kondensorenlinen aus der Optik) oder eines fassadenintegrierten multifunktionalen Lamellensystems Tageslicht. Das Lamellensystem basiert auf einer bionischen Idee, bei der auf Basis einer hochwertigen Oberflächenstrukturierung und Nanobeschichtung der Lamellen Lichtstrahlung konzentriert in ein lichtleitendes Fasersystem eingeleitet wird. Komponente 2 ist ein lichtleitendes Fasersystem (kann durch, am Markt befindliche Glasfaserprodukte abgedeckt werden), welches das gesammelte Licht über die geforderte Distanz in das Gebäudeinnere leitet. Komponente 3 sorgt als bio-inspiriertes Konzept durch ein lichtemittierendes 3D-Fasergewirke für eine flächige gleichmässige Lichtverteilung im Innenraum. Diese Komponente könnte auch multifunktional weitere Aufgaben wie die Schallabsorption und die Wärmeleitfähigkeit für thermisch aktivierte Bauteile übernehmen (Abbildung 9).

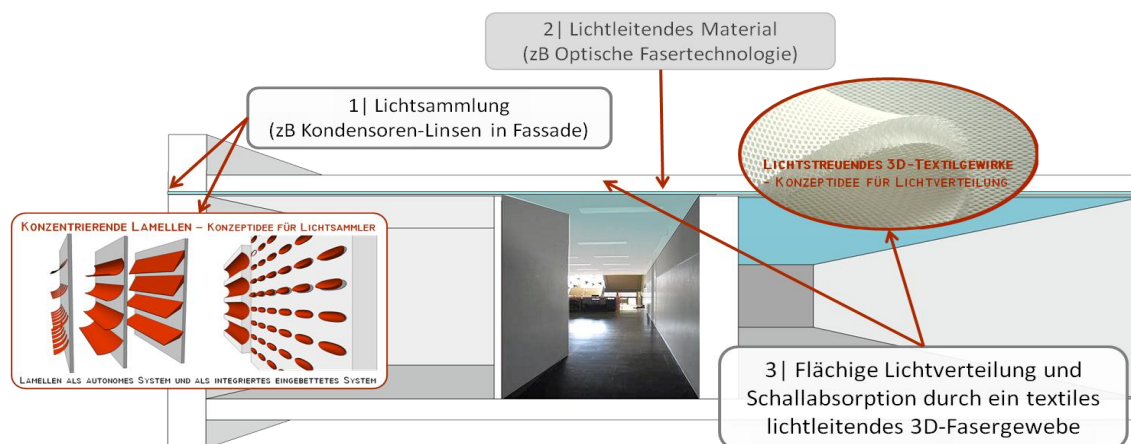


Abbildung 9: BioSkin Konzeptstudie für Tageslichtnutzung - Entwurfsdesign für einen multifunktionalen bionischen Lichtsammler (1) und ein bionisches Lichtverteilungstextil (3) mit schallabsorbierenden und wärmeleitfähigen Eigenschaften zur nachträglichen Montage, auch für thermisch aktivierten oder schallharte Oberflächen einsetzbar [Grafik: S. Gosztanyi, AIT]

### 3.5. Analyse des Konzepts

Im Rahmen der Konzeptentwicklung wurde eine erste Abschätzung der grundlegenden Funktionsfähigkeit der 3. Komponente für die Lichtverteilung durchgeführt. Die Kernfragen waren, ob es einerseits möglich ist, ein solches lichtemittierendes Material herzustellen –

dieses wurde durch Interviews mit Experten aus der Textilindustrie und -forschung positiv eingeschätzt. Weitere Recherchen existierender Lösungen im Bereich Glasfasertechnologien zeigen mögliche Einsatzpotenziale zusammen der Entwicklung eines bionischen Lichtverteilungstextils auf.

Andererseits wurde mittels Simulation eines stark vereinfachten theoretischen Modells - beschrieben in Abbildung 10, links - die Fähigkeit von hypothetischen Faserbündeln, Licht in gleichbleibender Intensität über beliebige Distanzen zu emittieren, untersucht. Das Ergebnis weist auf eine durchaus optimistische Aussicht in Bezug auf eine konstante Lichtverteilung der emittierenden Faserbündeln hin. Über eine Distanz von 1.5m gehen nur geringe Anteile des emittierten Lichtes verloren, eine gleichmäßige Lichtverteilung unabhängig von der Größe der Fläche könnte daher möglich sein.

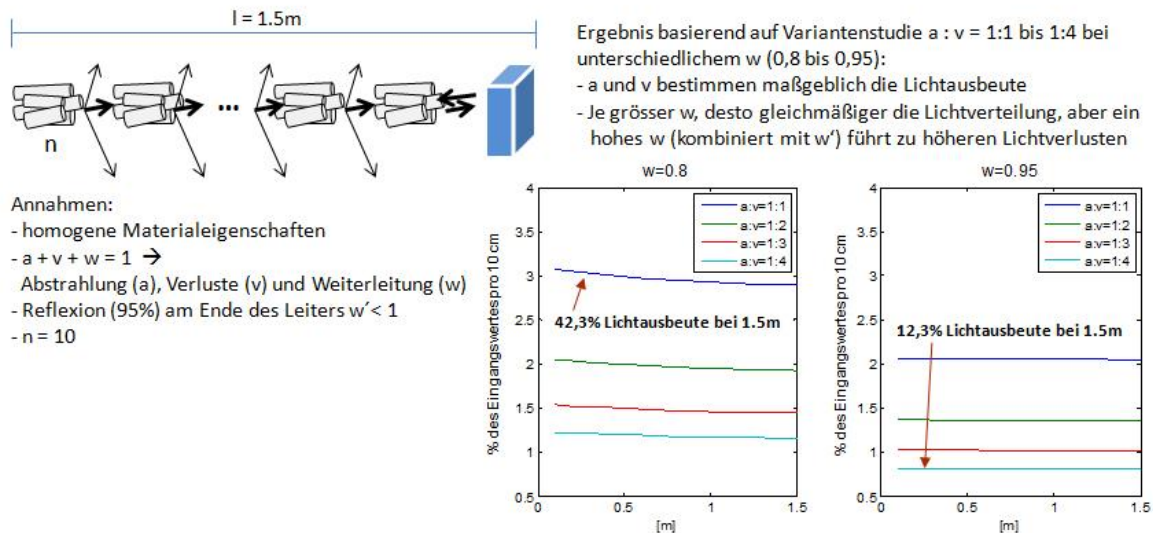


Abbildung 10: BioSkin Konzeptstudie für Lichtverteilung - Erstanalyse zur Ausstrahlung der Faserstrukturen in einem stark vereinfachten mathematischen Modell [Quelle: F. Judex, AIT]

## 4. Schlussfolgerung

Die Identifikation biologischer Vorbilder für eine eventuelle Übertragung auf energetische Aufgabenstellungen der Fassade zeigt in der Grundlagenstudie BioSkin auf, dass in der Natur für jeweils eine Anforderung unterschiedlichste hocheffiziente Strategien entwickelt wurden: Bei, zum Beispiel, der Fragestellung zur maximalen Tageslichtnutzung reichen die Lösungen von strukturellen Ausbildungen (Formoptimierung) über biophysikalische und biochemische Prozesse (Adaption je Lichteinfall) bis hin zu metabolischen oder kinetischen Systemen (Regulation Lichteinfall). Deren Umsetzung hängt von den geographischen und klimatischen Bedingungen, dem Funktionsziel des Organismus, der eingesetzten Ressourcen und limitierenden Faktoren, wie Zeit, Material- oder Informationsumfang, ab. Die Genialität biologischer Lösungen liegt dabei in der eingebetteten Multifunktionalität durch die differenzierte Strukturierung eines Rohstoffs zu einem Funktionssystem, und in der damit verbundenen Anpassungsfähigkeit und Robustheit des Systems. Die hohe Innovationskraft dieses Prinzips der Natur mitsamt den vielfältigen Ausprägungen in der Umsetzung verspricht innovative neue Ansätze zur Effizienzsteigerung technischer Lösungen für die Multifunktionsfassade.

**Lessons Learned** - Die nötigen Rahmenbedingungen für bionische Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind noch nicht etabliert. Auch verlangt die Herangehensweise einer transdisziplinären Grundlagenforschung nach neuen Kommunikationsmitteln und Methoden. Diese sind durch die junge, aufstrebende Wissenschaftsdisziplin Bionik gegeben. Die Entwicklung bionischer Produkte bzw. die dazu nötige "Übersetzungsarbeit" in der Anfangsphase eines Bionikprojekts bedarf aufgrund der hohen Transdisziplinarität einer gemeinsamen Sprache ausserhalb der fachlichen Termini der einzelnen Expertisen. Die Bereitschaft zu gemeinsamen Anschauungen sowie die hohe Flexibilität in der Kommunikations- und Abstraktionsfähigkeit stellen die involvierten ExpertInnen vor herausfor-

dernden neuen Aufgaben, welche mit einem höheren Zeitaufwand und Engagement verbunden sind als in „traditionellen“ F&E Projekten. Diese Barrieren gilt es zu überwinden, um neue Perspektiven emergenter Technologieinnovationen aus der Bionik für energieeffiziente Gebäude zu ermöglichen.

**Projektteam** - Aufgrund häufig mangelnder zusammenführender Literatur ist ein permanenter direkter Austausch zwischen unterschiedlichsten ExpertInnen mit zu bedenken. Der Erfolg der Grundlagenstudie BioSkin begründet daher wesentlich auf der Kooperation mit Bionik-Expert/innen. Dies wurde durch die Mitarbeit von Dr. Petra Gruber (Architekturbionikerin, transarch, AT) und die Einbindung über mehrere Workshops und Telefonate der international renommierten Experten Prof. Thomas Speck (Biologie, Kompetenznetzwerk BioKON, Universität Freiburg, DE), Prof. George Jeronimidis (Physikalische Chemie, Biomimetic Centre, University of Reading, UK) und Dr. Susanne Geissler (Biologie, Technischer Umweltschutz, Sustain, AT) ermöglicht.

Die intensive Auseinandersetzung mit den Funktionsanforderungen an die Fassade und der Übertragung von Prinzipien biologischer Organismen forderte auch vom Projektteam selbst eine interdisziplinäre Zusammensetzung, welche durch DI Susanne Gosztonyi (Architektur, Fassadentechnologie), DI Markus Brychta (Physik) und Dr. Florian Judex (Mathematik) gegeben war.

## 5. Ausblick

Die erarbeiteten Teilergebnisse aus den einzelnen Arbeitsschritten der Studie werden in einem Online-Forschungskatalog auf der Projektwebsite<sup>4</sup> für weiterführende Forschung und Entwicklung zur Verfügung gestellt. Dazu gehören die Anforderungsprofile an die Fassade der Zukunft (*principle data base*), die Sammlung potenzieller biologischer Vorbilder als Kenndatenblätter (*bionic data base*) sowie ausgewählte beispielhafte bionische Fassadenkonzepte (*case studies*).

## 6. Literatur

- [1] Brümmer, F., Pfannkuchen, M., Baltz, A., Hauser, T. & Thiel, V. (2008), *Light inside sponges*, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Vol. 367(2), pp. 61 – 64, DOI: 10.1016/j.jembe.2008.06.036.
- [2] Mueller, W.E.G., Wang, X., Zeng, L., Schroeder, H.C. (2007), *Phylogenetic position of sponges in early metazoan evolution and bionic applications of siliceous sponge spicules*, Chinese Science Bulletin Bd. 52., p.1372-1381. doi: 10.1007/s11434-007-0402-y.
- [3] Mueller, W.E.G., Wendt, K., Geppert, C., Wiens, M., Reiber, A., Schröder, H.C. (2006), *Novel photoreception system in sponges? Unique transmission properties of the stalk spicules from the hexactinellid Hyalonema sieboldi*, Journal of Biosensors and Bioelectronics 21, p.1149-1155. doi:10.1016/j.bios.2005.04.017.
- [4] Zitzler, U. (2008), *Licht im Schwamm - Schwämme haben die ersten Glas-Lichtleiter erfunden*, Pressemitteilung Universität Stuttgart, 17.11.2008 [download: <http://idw-online.de/de/news289131>, 17.07.2010]

---

<sup>4</sup> BioSkin Projektwebsite: [www.bionicfacades.net](http://www.bionicfacades.net) (Ergebnisse sind ab Mitte Juli 2012 online)