

# Interdisziplinäre Identifikation und Aufbereitung von innovativen bionischen Schlüsseltechnologien für „Plus-Energie Gebäude der Zukunft“

Baubionik Potenziale

S. Gosztonyi  
C. Schinagl

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**25/2014**

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Interdisziplinäre Identifikation und Aufbereitung von innovativen bionischen Schlüsseltechnologien für „Plus-Energie Gebäude der Zukunft“

Baubionik Potenziale

DI Susanne Gosztonyi, Arch. DI Georg Siegel, Dr. Edith Haslinger  
Austrian Institute of Technology, Energy Department

DI Clemens Schinagl, Dr. Rose-Gerd Kobltschnig  
Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH

Wien, November 2012

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



# Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>11</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>15</b>
1.1 Ausgangslage und Motivation .....	15
1.2 Zielsetzungen des Projekts .....	16
1.3 Struktur und Aufbau des Projekts.....	16
1.4 Glossar .....	21
<b>2 Hintergrundinformationen zum Projekttinhalt</b> .....	<b>22</b>
2.1 Motivation .....	22
2.2 Innovationsgehalt des Projekts .....	24
2.3 Verwendete Methoden .....	25
2.4 Vorarbeiten und Stand der Technik.....	26
2.5 Vorgehensweise und Erläuterung zu verwendete Daten .....	26
<b>3 Ergebnisse im Projekt</b> .....	<b>27</b>
3.1 „Perspektiven entwickeln“ – Trends und Strategien zum Thema .....	27
3.1.1 [Review] Positionen zur Zukunft des Bauens .....	27
3.1.2 [Review] Bionik – Inspirationspool der Natur .....	37
3.1.3 [Aktion] Identifikation von Themenfelder.....	47
3.1.4 [Ergebnis] Fragestellungen als Vorbereitung zur Vernetzung .....	50
3.2 „Handlungsspielräume ermöglichen“ – Transdisziplinäre Vernetzung .....	53
3.2.1 [Review] Methodische Herausforderungen und Methodenanalyse .....	53
3.2.2 [Aktion] Vernetzungsmodelle und AkteurInnen im Projekt.....	62
3.2.3 [Ergebnis] Identifikation von Ideen(dossiers).....	69
3.3 „Potenziale eröffnen“ – Ideenverdichtung und Selektion.....	74
3.3.1 [Aktion] Kooperationen und Projektentwicklung.....	75
3.3.2 [Ergebnis] Entwicklungen in der Bionik - ‚Technologiereports‘ .....	75
3.4 „Potenziale identifizieren“ – Bionische Ansätze für Plusenergiegebäude .....	89
3.4.1 [Aktion] Bewertungssystem für „Schlüsseltechnologie“ .....	90
3.4.2 [Ergebnis] Sammlung von bionischen Konzeptideen - ‚Fact Sheets‘ .....	92
3.4.3 [Ergebnis] Gestartete Initiativen im Projekt.....	95
3.4.4 [Ergebnis] Resümee zur Vernetzungsstrategie und Evaluierung .....	97
<b>4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms</b> .....	<b>101</b>
4.1 Einbettung ins Programm.....	101

4.2	Beitrag zum Gesamtziel des Programms .....	101
4.3	Einbeziehung der Zielgruppen .....	102
4.4	Zielmärkte und deren Marktpotenzial .....	103
4.5	Beschreibung der Umsetzungspotenziale .....	104
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>105</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick und Empfehlungen .....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Literatur- / Abbildungs- / Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>112</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>119</b>



# KURZFASSUNG

## **Ausgangssituation und Motivation**

Künftige Plus-Energie Gebäude bzw. Null-CO<sub>2</sub>-Emissionsgebäude müssen sich von passiven Energieverbrauchern hin zu Ressourcenschonenden aktiven Energieproduzenten wandeln. Die Suche nach nachhaltigen Konzepten für z.B. Energiegewinnung, Energiespeicherung und Energietransport sowie Energienutzung ist in vielen, scheinbar zur Baubranche inkompatiblen Branchen evident. Innovative Beispiele zeigen, dass hohe Innovationskraft durch die Vernetzung mit der Bionik, also durch das Ideenpotenzial aus der Natur, und durch einen transdisziplinären Know-how-Transfer zwischen Expert/innen geweckt werden kann. Durch die Schaffung eines transdisziplinären Know-how-Austausches zwischen Branchen über ein Projekt wurde daher angestrebt, innovative Ansätze aus der Bionik für Plus-Energie Gebäude der Zukunft nutzbar zu machen.

## **Zielsetzung**

Das Projekt BAUBIONIK POTENZIALE hat die Vernetzung interdisziplinär geprägter Fachgebiete mit Schwerpunkt auf die Bionik zur Schaffung von neuen Innovationsimpulsen für „Plus Energie Gebäuden der Zukunft“ zum Ziel. Durch gezielten Wissensaustausch über Disziplingrenzen hinweg sollen unerwartete Berührungspunkte entdeckt und neue Innovationsfelder für das Bauen von Morgen erschlossen werden.

Dazu wurden in einem interaktiven Prozess Expert/innen aus Bereichen wie z.B. der Zoologie, Botanik, Architektur, dem Ingenieurwesen, den Umwelttechnologien, Nanotechnologien, der Medizintechnik, etc. eingeladen, um Thesen für mögliche bionische Forschungsthemen zu formulieren, diese in transdisziplinären Workshops zu Ideen und je Potenzial auch zu konkreten F&E-Forschungskonzepten weiterzuentwickeln.

## **Methodische Vorgehensweise**

Es wurden Regeln zur Vernetzung von Expert/innen und Erfahrungen aus Projekten im Bereich der „strukturierten Analyse mittels Expertennetzwerke“ untersucht und ein Vernetzungsansatz in Anlehnung an eine als bionische Vernetzungsmethode deklarierte Form der Workshopgestaltung (Syntegration nach Prof. Malik) für die Generierung von Ideen durch sehr heterogene Expertengruppen entwickelt. Parallel dazu wurde eine Webplattform als offenes Diskusstool bzw. zur Weiterentwicklung der Ideen angeboten. Durch umfassende Recherchen und der Aufbereitung von identifizierten Schlüsselthemen seitens des Projektteams wurde abschließend eine Sammlung bionischer Potenziale für Plus-Energie Gebäude erstellt.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Um einen größtmöglichen Benefit erzielen zu können, wurden sowohl inhaltliche als auch methodische Ergebnisse erarbeitet. Der Entwicklungsbogen spannt sich von der Identifikation einzelner innovativer Ideen für das „Plus Energie Gebäude der Zukunft“ über die Verdichtung zahlreicher Ideen zu Projektkonzepten und Kooperationsanbahnungen bis hin zu Reports über existente bionische Produkte und Projekte, denen seitens der Experten

hohes Potenzial zugewiesen wird. Methodisch wurden unterschiedlichste Innovationsentwicklungstechniken betrachtet und teilweise für das Projekt neu adaptiert, und durch die involvierten Expert/innen evaluiert.

Aufgrund des positiven Feedbacks und hohen Interesses an dem Projekt wurden insgesamt 4 Expert/innen-Workshops organisiert und neben der Behandlung inhaltlicher Fragestellung auch methodische Konzepte für den transdisziplinären Austausch angewandt und getestet. Alle Unterlagen zu den Workshops wurden den Teilnehmern und Teilnehmerinnen in detaillierter Form und der Öffentlichkeit in Übersichtform auf der Projekt-Webplattform [www.bionikforschung.at/baubionik](http://www.bionikforschung.at/baubionik) bereitgestellt.

Mit Hilfe der jungen Wissenschaftsdisziplin Bionik und durch die Beschäftigung mit einer konkreten Fragestellung konnte im Projekt das Innovationspotenzial aufgezeigt werden, welches durch die systematische Nutzung biologischer Prinzipien und durch die Vernetzung unterschiedlichster Fachdisziplinen möglich wird. Die Herausforderung dabei liegt in den Rahmenbedingungen solcher transdisziplinären Projektentwicklungen, da die vorhandenen Grundlagen und der Aufwand für Entwicklungen sehr stark variieren. Im Projekt stellte sich heraus, dass die Suche nach bionischen Ansätzen bzw. die Übertragung von biologischen Prinzipien in technische Lösungen einen großen Forschungs- und Kommunikationsaufwand mit sich bringt, dessen Rahmenbedingungen häufig im Widerspruch zur formalen Ausrichtung anwendungsorientierter Forschung steht. Bionische Entwicklungen bedürfen eines eigenen Forschungsförderungskonzeptes, welches Transdisziplinarität und Grundlagenforschung mit einbezieht.

### **Ausblick**

Es zeichneten sich zu einigen generierten Projektideen interessierte Projektteams ab, welche diese weiterbearbeiten werden. So wird z.B. die Projektidee eines „Bionischen Hauses“ weiterhin von der FH Kärnten gemeinsam mit der Stadt Villach im Rahmen der Initiative „bionikum:Austria“ weitergeführt. Das „Bionische Haus“ soll als Forschungsplattform für in-situ Tests von bionischen Gebäudetechnologien und Materialien dienen. Weiteres können bionische Forschungsarbeiten oder Resultate aus Master-Thesen aufgegriffen und je nach Umsetzbarkeit prototypisch in der Forschungsplattform getestet werden. Weitere entstandene Projektideen, wie verteilte aerodynamisch wechselwirkende Kleinstwindturbinen oder ein „Bionic PV-Cooling“ - eine bionische Entwicklung einer mit PV versehenen Textileinheit mit Selbstkühlungseffekt werden von einem, aus dem Projekt etablierten Projektteam weiterverfolgt.

Zahlreiche Erkenntnisse aus der Evaluierung der eingesetzten Methoden werden für Projekte eingesetzt, welche ähnliche Elemente bezüglich Expert/innenvernetzung und Themenfindung in fachlich heterogenen Teams besitzen.

### **Links**

BAUBIONIK POTENZIALE - <http://www.bionikforschung.at/baubionik>

## **ABSTRACT**

### **BIOMIMETIC POTENTIALS - Interdisciplinary identification and preparation of innovative biological inspired key technologies for „Plus-energy buildings of the future“**

#### **Starting point and motivation**

Future Plus-energy buildings and zero-emission buildings must be transformed from passive consumers of energy to active resource efficient energy producers. The search for sustainable concepts of energy generation, energy storage, energy transport and energy use has become highest priority in many businesses and sectors, apparently incompatible to the construction industries. Innovative examples prove that high innovation potential goes along with intensive interdisciplinary exchange of know-how between experts as well as with the crosslinking to biomimetics, utilizing nature's phenomenon's as an inspiration pool for better solutions. Enabling a transdisciplinary expert network comprising different professional fields and biomimetic research promises new innovative solutions for plus-energy buildings of the future.

#### **Scope and objectives**

The project BAUBIONIK POTENZIALE aimed at the enabling of an interdisciplinary expert networking with emphasis on utilizing biomimetics to create new impulses of innovation for "plus-energy buildings of the future". Through structured expert exchange across disciplines unexpected points of cooperation's shall be discovered and new innovation topics shall be identified for buildings of tomorrow. For that purpose, an interactive process has been established to invite experts from fields such as of zoology, botany, architecture, engineering, environmental technology, nanotechnology, medical engineering, etc. to formulate theses for possible new biomimetic research topics with a potential for concrete R & D research projects.

#### **Methodological approach**

Based on the examination of rules for expert networking and on experience from projects in the field of "structured analysis by expert networks", a networking approach has been developed that is based on a biomimetic approach for designing workshops (Syntegration by Prof. Malik) and enables the generation of ideas by very heterogeneous groups of experts. In parallel, a web platform was set up as an open discussion tool to further develop ideas. Through extensive research and preparation of identified key issues by the project team a collection of biomimetic potentials for plus-energy buildings was identified.

#### **Results and conclusion**

In order to achieve the greatest benefit, both substantive and methodological results were compiled. The development ranges from the identification of individual innovative ideas for "plus energy buildings of the future" to the concentration of some ideas for project concepts and project cooperation's as well as to the reporting of existing biomimetic products and projects, to which experts assigned high potential. Methodologically diverse and innovation

development techniques have been considered and in some cases re-adapted for the project and internally evaluated by the involved experts.

Given the positive feedback and high interest in the project, a total of 4 expert workshops were organized with the objectives of working on contents questions as well as of evaluating applied methodological concepts for interdisciplinary exchange. All documents relating to the workshops have been provided to the participants in detail and the public in summary at the project platform [www.bionikforschung.at](http://www.bionikforschung.at).

By utilizing the young science of biomimetics and by dealing with a specific issue, the innovative potential could be demonstrated that is possible through the systematic use of biological principles and through the networking of different specialist disciplines. The challenge lies in the framework of such transdisciplinary project developments since the available basic knowledge and the effort required for developments are varying substantially. It turned out in the project that the search for bionic potentials or the transfer of biological principles to technical solutions requires a huge effort in research and communication effort, whereas the framework for both is often in contradiction with the formal alignment of applied research. Biomimetic developments require a dedicated research funding concept that involves transdisciplinarity and basic research tasks as well as applied objectives and goals.

### **Future prospects**

Some project ideas generated in BAUBIONIK POTENZIALE will be further developed by project teams that have been established in the workshops. Thus e.g. the project idea of a "Bionic House" will be pursued by the Carinthia University of Applied Sciences in cooperation with the City of Villach within the framework of the association "bionikum:Austria". The "Bionic House" will serve as a research platform for in-situ testing of biomimetic building services technologies and building materials. Biomimetic research or master thesis results can be evaluated, depending on the feasibility to generate a prototype, and tested in the research platform.

Other project ideas generated in BAUBIONIK POTENZIALE, such as distributed aerodynamically interacting micro wind turbines or a "Bionic PV Cooling" - a biomimetic development of a PV textile unit with natural cooling effect – will be pursued in independent project team, also founded within the project's workshops.

Numerous findings from the evaluation of the methods used will be set for projects which have similar goals regarding the expert networking and selection of topics in highly diverse teams.

### **Links**

BAUBIONIK POTENZIALE - <http://www.bionikforschung.at/baubionik>

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Ausgangslage und Motivation

Im Rahmen der Vorgaben zur Effizienzsteigerung von Gebäuden hat sich deren Rollenbild grundlegend vom passiven Energieverbraucher über einen effizienten Energienutzer bis hin zum aktiven Energielieferanten im smarten Netzverbund gewandelt. Unter dem Begriff „Plus-Energie Gebäude“<sup>1</sup> werden jene technologischen Maßnahmen für Gebäude subsumiert, die zu einer positiven Energiebilanz des Gebäudes führen. Das damit verbundene Gebäude- und Energiekonzept steht der Einhaltung eines hohen Komfort- und nachhaltigen Qualitätsanspruchs, dem sorgfältigen Umgang mit regional vorhandenen regenerativen Ressourcen, einer Bewertung über Lebenszyklus-orientierte Modelle sowie demographischen und sozio-kulturell dynamischen Prozessen gegenüber. Jüngste Entwicklungen bei Zertifizierungsmodellen für Gebäude zeigen, dass diese Faktoren künftig bereits begleitend in der Planung zu berücksichtigen und zu evaluieren sind. Damit ist ein verstärkter Auftrag an Planung und Produktentwicklung gegeben, Gebäudekonzepte und Gebäudekomponenten für eine nachhaltige Zukunft weiterzuentwickeln.

Angesichts dieser Herausforderung ist verstärkt eine Vernetzung von interdisziplinärem Know-How und Kompetenzen zu schaffen, um zukunftsfähige Lösungen zu ermöglichen. Innovative Lösungen zur nachhaltigen Energieeffizienz, Energiegewinnung, Energiespeicherung und -transport sind in vielen, scheinbar zur Baubranche inkompatiblen Bereichen der Forschung und Produktentwicklung ebenso oberste Prämisse. Ein Einblick in die aktuellen Forschungs- und Technologietrends der transdisziplinären Wissensdisziplin Bionik zeigt die besondere Innovationskraft, welche durch die Nutzung von Lösungen aus der Natur gewonnen werden kann.

Die Wissensdisziplin Bionik zielt auf die systematische Aufbereitung biologischer Systeme, Materialien und Prozesse ab, um daraus innovative Prinzipien für technische Anwendungen ableiten zu können.<sup>2</sup> In der Natur finden sich viele, über die Evolution gut ausgereifte Lösungen, die mögliche Antworten zu integrativen Systemansätzen liefern können. Die Chance, dieses bestehende Know-how und die Methoden für die Entwicklung von innovativen Schlüsseltechnologien für das Plus-Energie Gebäude zu öffnen, ist Ziel des Projekts BAUBIONIK POTENZIALE. Dazu ist ein funktionsfähiger Kommunikationsprozess nötig, der durch die Entwicklung gemeinsamer Verständnisgrundlagen und dem intensiven Know-how Austausch zwischen Expert/innen etabliert werden muss.

---

<sup>1</sup> Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011), *Wege zum Effizienzhaus-Plus*, im Rahmen der Förderinitiative ‚Modellprojekte im Plus-Energie-Haus-Standard‘. Informationsbroschüre, August 2011

<sup>2</sup> VDI-Richtlinie: Entwurf VDI 6220: *Bionik - Konzeption und Strategie - Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten*. Richtlinien des Fachbereichs Bionik der VDI, ENTWURF 06/2011

## 1.2 Zielsetzungen des Projekts

Das Projekt BAUBIONIK POTENZIALE setzt den Aktivitätsschwerpunkt auf die effektive Nutzbarmachung vorhandener Fach-Netzwerke und Know-how von Expert/innen aus unterschiedlichen Wissenschafts- und Wirtschaftsbereichen zum Thema „Bionik“ und „Plus-Energie Gebäude der Zukunft“. Es soll eine Kommunikationsbasis durch die Schaffung einer Austausch-Plattform mit dem spezifischen Augenmerk auf eine hohe Interdisziplinarität geschaffen werden, um die Identifikation von Innovationsfeldern sichtbar zu machen, welche für die Strategie „Plus-Energie Gebäude“ von Relevanz sein könnten. Das transdisziplinäre Wissensspektrum der Bionik dient dabei als Grundbasis und stellt das Leitmotiv des Projekts dar.

Das Projekt BAUBIONIK POTENZIALE verfolgt folgende Ziele:

- Identifikation neuartiger Technologiepotenziale für „Plus-Energie Gebäude der Zukunft“ durch einen gezielten Wissensaustausch zwischen Expert/innen, um über Disziplingrenzen hinweg unerwartete Berührungspunkte zu entdecken und dadurch neue Innovationsfelder für das Bauen von Morgen zu ermöglichen.
- Verstärkte Integration von Forschungsthemen aus der Bionik in die Bauforschung und die Durchführung eines für die Baubranche erstmaligen transdisziplinären Vernetzungsmodells für Expert/innen aus Forschung und Wirtschaft

## 1.3 Struktur und Aufbau des Projekts

Das Projekt baut auf den beiden vertikalen Aktionsachsen THEMA und METHODIK auf, zu welchen jeweils Ergebnisse erarbeitet wurden (Abbildung 1).

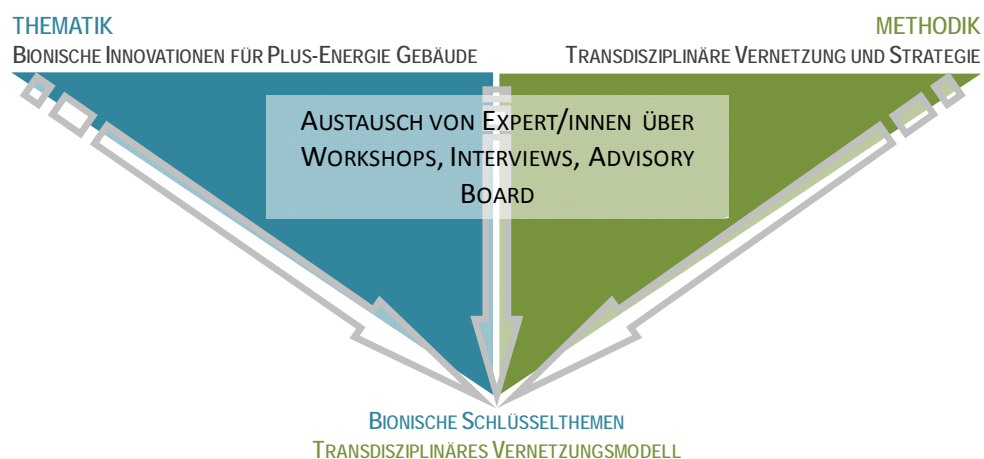


Abbildung 1: Zielsetzung für BAUBIONIK POTENZIALE – 2 Entwicklungsachsen: THEMA und METHODIK

## Aufbau des Projekts in Projektphasen

---

Das Vernetzungsprojekt ist in 4 Projektphasen gegliedert, zu denen jeweils entlang der Aktionsachsen **THEMATIK** und **METHODIK** Teilergebnisse erarbeitet wurden. Die Aktionsachsen sind der folgenden Kurzbeschreibung und im detaillierten Projektablaufplan (siehe Abbildung 2) zu übersichtlicheren Darstellung farblich unterschieden worden.

### **PHASE 1: VORBEREITUNG**



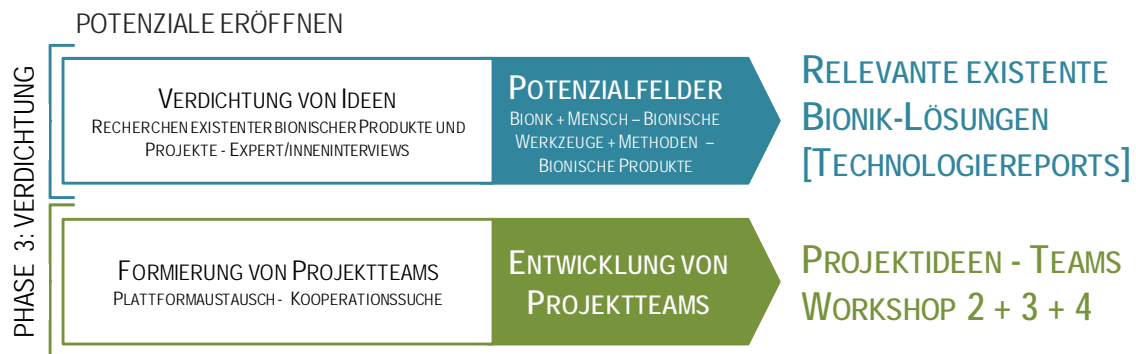
**PHASE 1** wird von AP1 – „Aufbereitung & Auswahl der inhaltlichen Fragestellung und Qualitätskriterien“ und AP2 – „Expert Screening Prozess und erste Expert/innen-Befragung für Set“ gebildet. AP1 hatte eine umfassende Literaturrecherche sowie eine daraus abgeleitete Fragenliste zu relevanten Themen für das „Plus-Energie Gebäude“ und „Bionikpotenziale“ zum Ziel. In AP2 wurden Expert/innen aus unterschiedlichsten Bereichen aus Forschung und Wirtschaft über Erstinterviews zu den relevanten Themen und zu nötigen Kompetenzen gesucht und befragt. Durch die Interviews wurde Zugang zu weiteren Expert/innen geschaffen, welche zu Ideenbildungen in Phase 2 eingeladen wurden.

### **PHASE 2: IDEENFINDUNG**



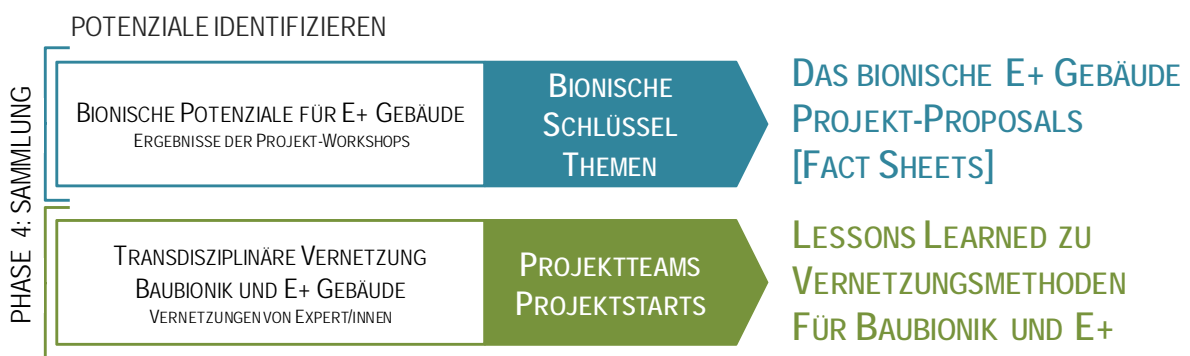
**PHASE 2** umfasst AP3 – „Perspektivenbildung und Erarbeitung von Ideendossiers mittels Expert/innen-Workshops“ und zielte auf die Erarbeitung von Ideendossiers und der Ermöglichung von Projektkooperationen der Teilnehmenden durch die Schaffung einer interdisziplinären Austauschplattform ab.

### PHASE 3: VERDICHTUNG



**PHASE 3** bestimmte mit AP4 – „Verdichtung und Review der Ergebnisse, Evaluierung technologischer High Potentials“ und mit AP5 – „Evaluierung der Erkenntnisse und Vernetzungsmethoden über Expert/innen-Feedback“ die Aufgabe, die in Phase 2 identifizierten Ideen mit hohem Innovationspotenzial zu Projektkonzepten und Projektanbahnungen weiter zu verdichten bzw. die nötigen Recherchen und Vorbereitungsschritte zu unterstützen. Die Ergebnisse sind beispielhaft als Technologiereports zusammengefasst. Parallel dazu wurde das Vernetzungsmodell evaluiert und die Themenfelder durch weitere Expert/innenbefragungen laufend ausgebaut.

### PHASE 4: SAMMLUNG



**PHASE 4** befasste sich schlussendlich mit AP6 – „Inspirationskataloge, Registered Review der Ergebnisse“ und mit Unterstützung des etablierten Expert/innen-Netzwerks mit der Zusammenfassung bzw. Sammlung innovativer Schlüsseltechnologien mit bionischem Bezug in Form von sogenannten Fact Sheets. Weiteres wurden die im Laufe des Projektes gestarteten, interdisziplinären Kooperationsinitiativen evaluiert und der Wissensaustausch für Forschung und Wirtschaft durch öffentliche Aktivitäten im Rahmen des Vereins BIONIK AUSTRIA bekräftigt.



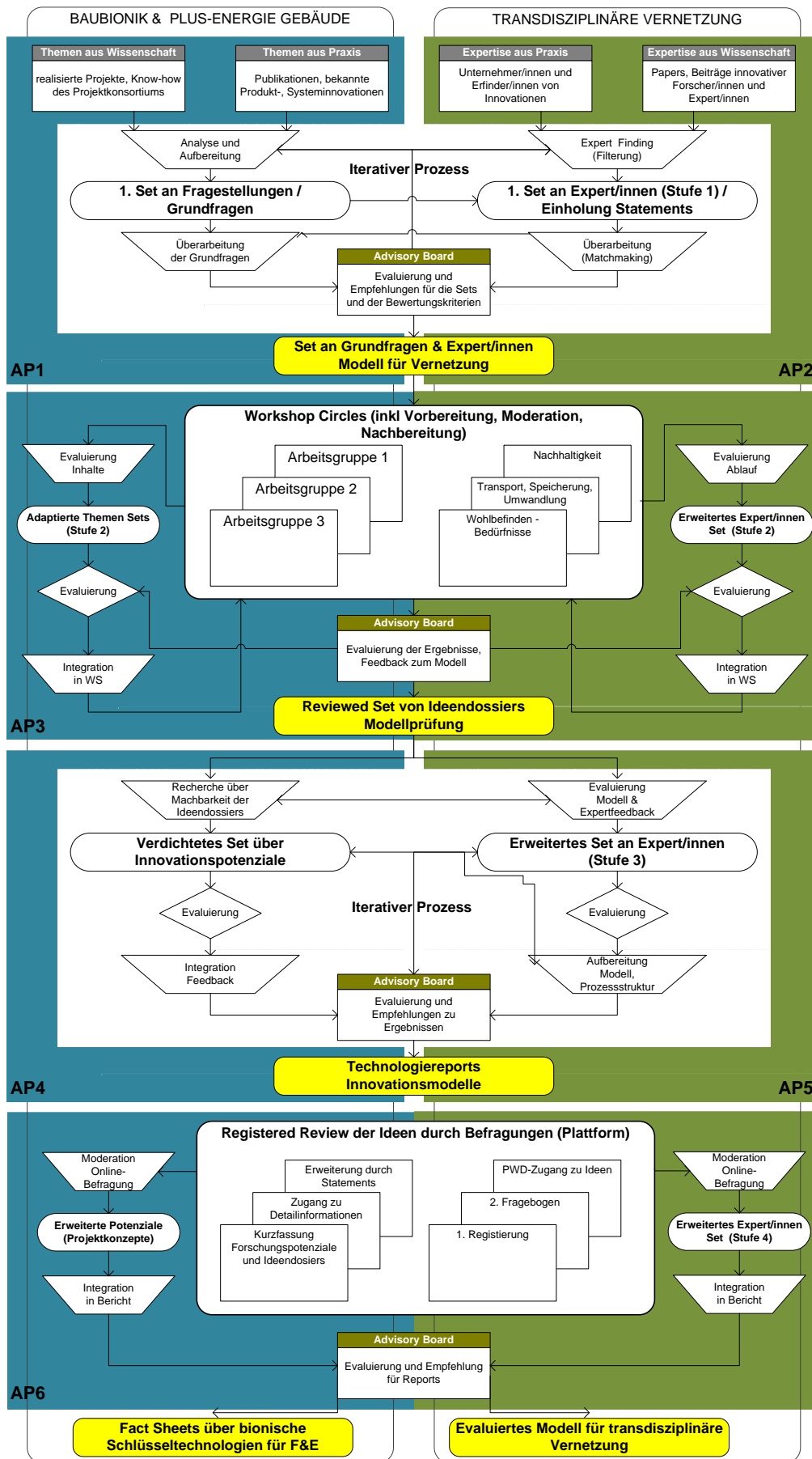


Abbildung 2: Projektablaufplan BAUBIONIK POTENZIALE – Projektphasen mit Arbeitspaketen (APs)

## Aufbau des Berichts

Die Berichtsstruktur wurde analog zur Projektstruktur mit den Aktionsachsen bzw. Projektphasen des Projekts festgelegt. Dabei beinhaltet Kapitel 3 die Aufarbeitung der Ergebnisse in den 4 Projektphasen.

Mit dem Subkapitel „Perspektiven entwickeln“ (3.1) werden die Recherchen zu Trends und Strategien zum Thema aufgezeigt und die transdisziplinäre Wissensdisziplin Bionik vorgestellt – beide sind der Phase 1 zugeordnet. Im Kapitel „Handlungsspielräume ermöglichen“ (3.2) werden die Entwicklung des transdisziplinären Vernetzungsmodells als auch die transdisziplinäre Vernetzungsaktivitäten vorgestellt, welche der Phase 2 zugeordnet sind. Im Kapitel „Potenziale eröffnen“ (3.3) werden die gesammelten Ideen und die Projektkooperationen aufgezeigt. In dieser Phase 3 werden auch existente bionische Produkte und Projekte vorgestellt, welche bestehende Lösungsansätze als mögliche Querschnittsthemen für das Projekt aufzeigen. Im Kapitel „Potenziale identifizieren“ (3.4) werden letztendlich die Fact Sheets (Projektideen zu bionischen Potenzialen für Plus-Energie Gebäude) und das Resümee über die angewandte Vernetzungsstrategie zusammengefasst. Diese stellen zusammen mit der Ideenliste aus Phase 2 und den Technologiereports (Sammlung existenter Projekte zum Thema) aus Phase 3 die Hauptergebnisse des Projekts dar.

Die Subkapitel sind nach einem einheitlichen Schema aufgebaut. Der Erkenntnisgewinn aus den Recherchen und den Interviews wird als „Review“ tituiert. Mit „Aktion“ werden jene Arbeitsschritte und Aktivitäten bezeichnet, die durch die Vernetzungsaktionen mit Expert/innen stattfinden. Und unter „Ergebnis“ werden die erarbeiteten Ergebnisse beschrieben.

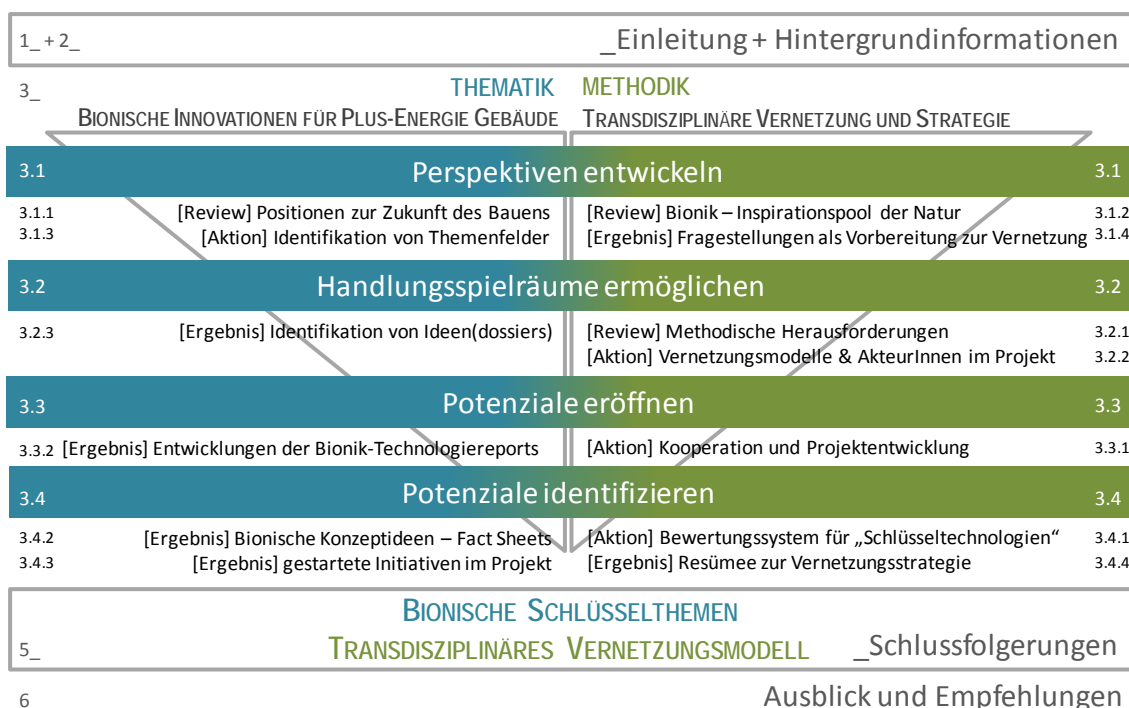


Abbildung 3: Berichtsstruktur des Projekts BAUBIONIK POTENZIALE

## 1.4 Glossar

Begriff	Erklärung
Plus-Energie Gebäude	ist ein Gebäude, dessen jährlicher Primärenergieverbrauch vor dem Hintergrund höchster Energieeffizienz unter der vor Ort produzierten erneuerbaren Energie liegt. Unter „vor Ort“ wird innerhalb der Grenzen der Siedlung oder des Gebäudes bzw. in unmittelbarer Nachbarschaft hierzu verstanden (BMVIT, 2009).
Transdisziplinarität	Prinzip integrativer Forschung (Mittelstrass 2003): „Zunehmend erfordern lebensweltliche Probleme <i>transdisziplinäre</i> Forschung, wenn das vorhandene Wissen unsicher ist, wenn umstritten ist, worin die Probleme genau bestehen, und wenn für die direkt oder indirekt Involvierten bzw. Betroffenen viel auf dem Spiel steht (Funtowicz & Ravetz 1993). In einer solchen Situation, wie sie beispielsweise in der Nachhaltigkeitsforschung regelmäßig auftritt, besteht die Herausforderung darin, zunächst die relevanten Probleme zu identifizieren und adäquat in Forschungsfragen zu überführen. Transdisziplinarität als Prinzip integrativer Forschung ist ein methodisches Vorgehen, das wissenschaftliches Wissen und praktisches Wissen verbindet.“ (Quelle: wikipedia, download: 05/2012).
Aktionsachsen	Die Projektzielsetzung und entsprechenden Arbeitsschritte sind in THEMA und METHODIK unterteilt.
Projektphasen	Der Projektablauf ist in vier Phasen unterteilt: 1 – Aufbereitung der Basis, 2 – Ideenfindung und Perspektivenbildung, 3 – Vertiefung und Selektion, 4 – Sammlung von Fact Sheets
Themenfelder	Unbewertete Gliederung von Trends, Entwicklungen und Visionen für ‚Bauen der Zukunft‘ auf Basis der Literaturrecherche in vier Hauptbereiche „Wohlfühlen“, „Energie“, Kreislaufsysteme“ und Technik“
Themen-Mindmap	Sammlung von Themen zu „Bauen der Zukunft“ - Ergebnis des Brainstormings in der 1. Projektphase; gegliedert nach Themenfelder
Ideendossiers	Im Expert/innenkreis mittels Moderation (Kreativitätstechniken etc.) erarbeitete grundlegende Ideen und Strategien für die Behandlung der aufbereitenden Themen
Technologiereports	Nach einem einheitlichen Schema aufbereitete Blätter über existente Produkten und Projekten aus der Bionik, die Potenzial zur Integration und Anwendungsentwicklung im Plus-Energie Gebäude aufzeigen.
Themenaufbereitung	Sammlung, Organisation und Darstellung relevanter Problemstellungen im Zusammenhang mit Plus-Energie Gebäuden als Vorarbeit und erste Gliederungsstruktur
Fact Sheets	Verdichtete Darlegung von konkreten Ideen für kooperative F&E-Projekte aus erkannten anwendbaren bionischen Themen
Kreativitätstechnik	Eine Anweisung an die Gestaltung von Abläufen und/oder die Moderation von Gruppen zur Förderung günstiger Rahmenbedingungen, um den kreativen Output (Originalität, Inventionshöhe) tendenziell zu erhöhen
Vernetzungsmethode	Anweisung an die Gestaltung der Gruppenprozesse / Abläufe, an die Kommunikationsprozesse zwischen den Personen, sowie die Gruppierung der Personen selbst in einzelnen Workshops selbst
Syntegration	Eine von Malik Management GmbH entwickelte Vernetzungsmethode in Anlehnung an die Kybernetischen Theorien von Stafford Beer mit dem Ziel, große Gruppen von unterschiedlichen Personen in einem Themenkomplex zu synchronisieren.

## 2 HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZUM PROJEKTIINHALT

### 2.1 Motivation

#### Das Gebäude als nachhaltiges Kraftwerk

Im Zuge von Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung (Richtlinie 2010/31/EU) und von Strategien zur Nutzung regenerierbarer Energie, wurde auch das Rollenbild der Gebäude grundlegend vom passiven Energieverbraucher über einen effizienten Energienutzer bis hin zum aktiven solaren Energielieferanten im smarten Netzverbund gewandelt. Unter dem Begriff „Plus-Energie Gebäude“ (BBSR, 2009) werden jene technologischen Maßnahmen für Gebäude subsumiert, die aufgrund der Umwandlung solarer Energie zu einer positiven Energiebilanz des Gebäudes führen. Das damit verbundene energieeffiziente Gebäude- und Energiekonzept steht der Einhaltung eines hohen Komfort- und nachhaltigen Qualitätsanspruchs, einer Bewertung über Lebenszyklusorientierten Modelle sowie demographischen und sozio-kulturell dynamischen Prozessen gegenüber, eingebettet in den sorgsamsten Umgang mit regional vorhandenen Ressourcen. Jüngste Entwicklungen in Zertifizierungsmodellen für Gebäude zeigen, dass diese Faktoren künftig bereits begleitend in der Planung zu evaluieren und damit zu berücksichtigen sind. Damit ist ein verstärkter Auftrag an Planung und Produktentwicklung gegeben, Gebäudekonzepte und Gebäudekomponenten weiterzuentwickeln, welche zukunftsfähig auf diese Faktoren eingehen können.

#### Innovationspotenziale durch transdisziplinäre Vernetzung

Angesichts dieser Herausforderungen zeigt ein Transfer von interdisziplinärem Know-How aus unterschiedlichsten – auch baubranchefremden Bereichen – grundsätzlich großes Potenzial, um ein Palette an zukunftsfähigen integrativen Lösungen für Gebäude zu schaffen. Innovative Lösungen zur nachhaltigen Energieeffizienz, Energiegewinnung, Energiespeicherung und -transport sind zum Beispiel in vielen scheinbar zur Baubranche inkompatiblen Bereichen der Forschung und Produktentwicklung ebenso oberste Prämisse.

Der Bausektor ist im Vergleich zu den vielen anderen Sektoren durch besonders lange Produktlebenszyklen gekennzeichnet. Dadurch sind Innovationszyklen für gewöhnlich eher langfristig angesetzt und werden aufgrund wirtschaftlicher und sicherheitsbezogener bzw. risikoreduzierender Rahmenbedingungen nur langsam implementiert.

Die Möglichkeit, an bestehendes Know-how und an Methoden schnellerer Innovationszyklen aus anderen Bereichen zu gelangen und so Entwicklungen von innovativen Schlüsseltechnologien für das Plus-Energie Gebäude unterstützen zu können, ist unter anderem auch durch die fachübergreifende Ausrichtung der Bionik gegeben, in welcher hohe Transdisziplinarität und intensiver Transfer von Erkenntnissen unterschiedlichster Fachbereiche, hier vor allem auch der Biowissenschaften, systematisch genutzt werden, um technische Verbesserungen oder sogar Innovationen zu ermöglichen.

## Nutzung von Erkenntnissen aus der Bionik

Innovationspotenziale aus der Vernetzung von technischen Fachgebieten mit naturwissenschaftlichen bzw. biowissenschaftlichen Erkenntnissen werden im Allgemeinen noch wenig genutzt. Die technische Biologie (Analyse biologischer Systeme aus der Perspektive technischer Fachbereiche, wie z.B. des Maschinenbaus und der Elektronik/Informatik) lieferte in der Vergangenheit einige Erkenntnisse (z.B. Funktion der Haifischhaut, Lotusblatt-Effekt), welche erfolgreich in technische Produkte transformiert wurden. Diese Beispiele stellen jene Erfolge der Bionik dar, welche medienwirksam aufbereitet wurden und in der Öffentlichkeit eine große Faszination ausüben.

Die Suche nach Analogien zur Innovationsbeschleunigung hat in vielen Fachbereichen lange Tradition. Der Baubereich ist davon nicht ausgeschlossen, dennoch sind die meisten Beispiele einer erfolgreichen Übertragung von Prinzipien aus der Natur in die Technik bis Ende des zwanzigsten Jahrhunderts im Maschinenbau und in der Elektronik zu finden (vgl. BIONIKON). Als Querschnittsdisziplin ist die Bionik offen für viele Anwendungen. Es stellt jedoch aufgrund des Anspruchs, disziplinübergreifend zu agieren, eine große Herausforderung dar, zielgerichtet zu konkreten Anwendungswünschen nutzbare natürliche Vorbilder zu finden und zu übertragen.

## Warum Bionik?

In der Natur finden sich viele, über die Evolution gut ausgereifte Lösungen, die mögliche Antworten zu integrativen Systemansätzen liefern können, welche sich – in gewissen Grenzen - adaptiv auf wandelnde Bedingungen anpassen können. Mithilfe der jungen Wissenschaftsdisziplin Bionik kann dieses Wissen systematisch nutzbar gemacht werden.

Grundsätzlich ist die BioNIK eine TechNIK-orientierte Disziplin und keine „ökologisch“-orientierte Annäherung. Die Definition laut einer VDI Tagung 1993 (Neumann, 1993) lautet: *„Bionik als wissenschaftliche Disziplin befasst sich mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme.“* Es geht also nicht um die Nachahmung, sondern um ein Lernen von natürlichen Vorbildern.

Der Bionik wird häufig das Versprechen zugeschrieben, dass aus ihr entstandene Lösungen umweltgerechter, nachhaltiger, aber auch ästhetischer sind. Seitens der Wissenschaft werden diese Versprechen – zumindest als Bestandteil einer Definition der Bionik - eher abgelehnt. Der zentrale Gedanke der Bionik ist der Wissenstransfer (bzw. Technologietransfer im engsten Sinne des Wortes) von lebenden Systemen auf technische Systeme (vgl. (Oertel & Grunwald, 2006). Somit müssen die Grundlagen und Kriterien je nach Aufgabe erst exakt definiert werden.

In diesem Sinne wurde im Projekt Baubionik Potenziale das Ziel definiert, mittels Vernetzung von Expert/innen Projektideen und innovative Ansätze für nachhaltige Schlüsseltechnologien für das Plus-Energie Gebäude zu identifizieren, deren Inspirationsquelle in der Natur zu finden sind und deren Selektionskriterien Potenziale zur Energieeinsparung, zum Komfortgewinn bzw. zur nachhaltigen Umweltschonung voranstellen.

## 2.2 Innovationsgehalt des Projekts

Diverse Trends und Verpflichtungen zum „Energieeffizienten Bauen“ sowie zur „Zukunftsweisenden Nachhaltigkeit“ als Bewertungs- und Leitprinzip stehen im Fokus der Debatten zur Verantwortung des Bauwesens gegenüber künftiger Generationen. Es werden entsprechende Gesetze und Richtlinien implementiert, Leitlinien und Zertifizierungen als Monitoringsystem für Nachhaltigkeit installiert, energieeinsparende technische Systeme, Komponenten und Materialien auf den Markt gebracht oder sozio-ökonomische Bottom-Up Prozesse zum bewussteren Umgang mit Umweltressourcen initiiert. Dabei erhält die Strategie „Plus-Energie Gebäude“<sup>3</sup> eine besondere Aufmerksamkeit: Gebäude sollen dabei zum aktiven Energielieferanten im smarten Netzverbund werden und künftig nicht mehr nur als Energieverbraucher gelten, sondern zum energieeffizienten Player mit einer positiven Energiebilanz werden.

Angesichts dieser Herausforderung sind in der System- und Materialentwicklung – sowohl auf Gebäudeebene als auch auf Komponentenebene - verstärkt Innovationen zu schaffen. Die Eigenschaften ‚Intelligenz‘, ‚Adaptation‘, ‚Multifunktionalität‘ und ‚Integration‘ stehen hierbei als Innovationsmotoren an der Spitze. Dahinter stehen multifunktionale Lösungen, welche unterschiedlichste Funktionen des Gebäudes interaktiv steuern können, damit sich das Gebäude adaptiv auf ändernde externe und interne Bedingungen anpasst, um möglichst energieeffizient betrieben werden zu können. Wenn die Forderung „Nachhaltigkeit“ und „Plus-Energie“ nun als weitere Kriterien hinzugezogen werden, dann müssen auch die regenerierbare Energiegewinnung, der lebenszyklusbedingte Energiegesamtaufwand und der nicht-regenerative Ressourcenbedarf berücksichtigt werden.

Das Know-how und die Entwicklungserfahrung ähnlicher komplexer Zielsetzungen sind in Branchen wie z.B. der Raum- und Luftfahrt, Nano- und Biotechnologie, Medizintechnik, Informations- und Kommunikationstechnologien, Automotivindustrie, usw. zum Teil ausgeprägter als im Bauwesen. Eine Auseinandersetzung mit Veröffentlichungen von innovativen Schlüsseltechnologien zu den oben erwähnten Eigenschaften zeigt deutlich, dass die Innovationskraft durch einen intensiven transdisziplinären Know-how Transfer zwischen Expert/innen aus unterschiedlichsten Disziplinen und durch das Integrieren des enormen Ideenpotenzials der Natur über die Bionik gesteigert wurde. Schnittstellen zu Erkenntnissen aus der Bionik - also der Übertragungssystematik von Strategien aus der Natur – eröffnen also Lösungsansätze, die auch einen neuartigen Beitrag zum „Energieeffizienten Bauen“ und zur „Zukunftsweisenden Nachhaltigkeit“ im Rahmen der Umsetzung von Plus-Energie Gebäuden leisten könnten.

Eingebettet in diese Grundüberlegungen befasst sich Baubionik Potenziale mit der Identifikation von sogenannten und möglichen innovativen *bionischen* ‚Schlüsseltechnologien für das Plus-Energie Gebäude‘ im engeren Sinne, welche im weiteren Sinne auch Ansätze

---

<sup>3</sup> Anm.: Eine allgemein anerkannte Definition des Konzepts ‚Plus-Energie-Gebäude‘ ist noch nicht vorhanden, sondern wird gegenwärtig in internationalen Arbeitsgruppen ausformuliert.

für die Grundfrage zum verantwortungsbewussten Umgang mit Ressourcen und Nutzung von Energie für Gebäude beleuchten.

Die dazu nötigen Recherchen von Trends und Entwicklungen stellen den thematischen Ausgangspunkt des Projekts dar, während die Idee eines Austausches über innovative Ansätze aus anderen Branchen den vernetzungsstrategischen Ausgangspunkt des Projekts darstellt. Das heißt, dass die Ausgangsintention „strategische Vernetzung zu bestimmten Themen“ auch den Projektcharakter definiert: Die Ermöglichung eines intensiven thematischen Dialogs von Expertinnen und Experten in unterschiedlichen Sets (Workshops, Interviews, Online-Foren, Recherchearbeiten), um Möglichkeiten und Bedingungen für *bionische* Schlüsseltechnologien überhaupt erfassen zu können.

## 2.3 Verwendete Methoden

### Identifikation von Themen

---

Zur Entwicklung von potenziellen bionischen Schlüsseltechnologien für Plus-Energie Gebäude wurde ein mehrstufiger Prozess im Projekt entwickelt, der auf Basis von unterschiedlichsten Kreativitätsmethoden und einer Analyse von Vernetzungsmethoden zum Zweck der Nutzung der Gruppenintelligenz bei stark diversifizierter Personenmischung (Expertisen, Neigungen etc.) durchgeführt wurde. Zum einen werden daher wissenschaftliche Recherchemethoden, wie z.B. Literaturrecherchen und Interviews eingesetzt, um Trends und Innovationsthemen zur Aufgabenstellung herauszufiltern, andererseits werden Kreativitäts- und Innovationsmethoden, wie z.B. diverse Brainstorming-Methoden, Brainwritings, Mindmapping, Morphologien, TRIZ, Webkommunikationsformen, „Ordnungsalgorithmen“ bei der Gruppenbildung etc. verwendet, um die Vielfalt an Ergebnissen nicht durch zu starre Analysen einzuschränken. Um den begleitenden Evaluierungsprozess sicherzustellen, wurde kontinuierlich mit Expert/innen der Status Quo des Projekts diskutiert.

### Transfer von Know-how

---

Bei der „klassischen“ Form des Technologietransfers werden einerseits Probleme aus der betrieblichen Praxis von Unternehmen „akquiriert“, um für die Forschung anwendungsorientierte Aufgaben zu identifizieren. Andererseits wird der Technologietransfer als Transfer bereits entwickelter innovativer Ideen, fertiger Konzepte und Prototypen von der Forschung in die Praxis interpretiert und stellt somit quasi eine Know-how- und Patentverwertung dar.

Komplementäre Komponenten der Transferarbeit, wie die Forschung nach optimierten Vernetzungsmethoden zur Generierung von Tätigkeitsfeldern für die F&E können die zukünftige Qualität des Technologietransfers wesentlich steigern. Beim klassischen Technologietransfer werden die erkannten Themen (meist von Firmen genannte Probleme und Aufgaben) durch möglichst direkte Vermittlung an „DEN/DIE“ besten Experten/in gelöst. Hier wurde damit experimentiert, dass Themen zu Beginn möglichst breit und offen, und damit mit einem ebenfalls fachlich breiten und offenem Personenkreis zu bearbeiten sind. Es waren daher Methoden im Bereich strukturierter Ideen- und Themenfindung in Hinblick auf

den Einsatz für Vernetzungsaktivitäten unterschiedlichster Expertinnen und Experten zu analysieren und zu einem Vernetzungsmodell zusammen zu fassen. Mit Hilfe dieses transdisziplinären Vernetzungsansatzes von Know-how aus Forschung und Wirtschaft wurden unterschiedlichste Meinungen und potentielle Lösungsansätze aus baufremden Forschungsbereichen und aus der Bionik in die Bauforschung integriert, um Aspekte zur Stärkung der Innovationskraft innerhalb der Bauindustrie zu gewinnen.

## **2.4 Vorarbeiten und Stand der Technik**

Das Projekt hat die Vernetzung von transdisziplinärem Wissen zur Schaffung von bionischen Ansätzen für „Plus-Energie-Gebäude“ zum Ziel. Dazu wurden vorab Recherchen zu möglichen Schnittstellen, bestehenden Lösungen und vergleichbaren Aktivitäten durchgeführt und festgestellt, dass die Potenziale in der Bionik für das emergente Thema „Plus-Energie Gebäude“ bisher kaum betrachtet wurden, jedoch ein hohes Innovationspotenzial vorhanden ist. Durch gezielte Fragestellungen zu den Chancen und Herausforderungen der Nutzbarmachung untersuchter biologischer Phänomene und existenter bionischer Lösungen für das Plus-Energie Gebäude wurde auch deutlich, dass aufgrund der Neuheit der Herangehensweise wenig auf bestehende, themenübergreifende Literatur bzw. einem „Stand der Technik“ dazu zurückgegriffen werden kann.

Der Stand der Technik zu ausgewählten identifizierten bionischen Technologien und Prozessen wurde aufgrund des Projektcharakters analog zur fortschreitenden Verdichtung der Projektergebnisse erhoben. Diese sind zum Anfang des Projekts noch sehr offen gehalten (Basis für Diskussion und Ideenentwicklung) und zum Ende des Projekts vertieft in den sogenannten Technologiereports wieder zu finden.

## **2.5 Vorgehensweise und Erläuterung zu verwendete Daten**

Die Disziplin Bionik ist ein noch relativ junges Fachgebiet. Aktivitäten auf diesem Gebiet finden hauptsächlich auf wissenschaftlicher Ebene in meist unabhängig agierenden Forschungsgruppen statt und werden zumeist in fachspezifischen Journalen publiziert. Zur Erhebung von Daten konnte das interdisziplinäre Projektteam zum Einen auf deren Publikationszugänge über die eigenen Forschungstätigkeiten zurückgreifen. Zum Anderen konnten Daten auf Basis des direkten Austausches mit den Teilnehmer/innen im Projekt und über den laufenden Austausch durch die Mitgliedschaften in nationalen und internationalen Bionikvereinen erhoben werden. Dennoch besteht aufgrund der dynamischen Entwicklungen in der Bionik und im Projekt kein Anspruch auf Vollständigkeit der erhobenen Daten.



### 3 ERGEBNISSE IM PROJEKT

#### 3.1 „Perspektiven entwickeln“ – Trends und Strategien zum Thema



Wenngleich die Bandbreite an Trends und Ansätzen für ein zukunftsweisendes Bauen zu weit für dieses Projekt reichen würde und auch nicht annähernd in seiner Ganzheit erfasst werden kann, so bildet ein breit angelegter Überblick über Visionen, technischen Entwicklungen und gesellschaftlichen Bedürfnissen den Startpunkt des Vernetzungsprojektes. Absicht dabei war, eine Diskussionsbasis für die involvierten Expert/innen zum Thema „Baufaufgaben der Zukunft“ mit Überlegungen zur ‚Nachhaltigkeit‘, ‚Suffizienz‘ und ‚Energieversorgung‘ zu schaffen. Der Fokus war vorerst nicht nur auf das Plus-Energie Gebäude selbst, sondern auch auf unterschiedlichste Aspekte innerhalb des Spannungsfeldes (Energie)Versorgung, gebaute Umwelt und Lebensqualität gelegt, um unerwartete Berührungspunkte zum Kernthema entdecken und dadurch neue Innovationsfelder ermöglichen zu können.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass der Überblick keinen Anspruch auf Vollständigkeit stellt und auch nicht bindend für den weiteren Verlauf des Vernetzungsprojekts war. Somit stellt er keine inhaltliche Eingrenzung, sondern eine Diskursanregung dar.

##### 3.1.1 [Review] Positionen zur Zukunft des Bauens

Zum Thema „Zukunft des Bauens“ gibt es unterschiedlichste Ansätze und Positionen, und mittlerweile auch einige Initiativen und Plattformen. Neben dem nationalen Forschungs- und Technologieprogramm „Haus der Zukunft“, welches Forschungsaktivitäten zum Thema „Gebäude der Zukunft“ fördert, gibt es nationale Forschungsinitiativen über Arbeitsgemeinschaften der Bauwirtschaft, wie z.B. jener der Geschäftsstelle Bau und des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie im Rahmen der Initiative BAU!MASSIV!. Im entsprechenden Förderprojekt „Nachhaltig massiv“ wurden dazu konkrete Strategien und Konzepte für Massivbauten der Zukunft untersucht, welche die Themenbereiche ‚Gebäudebewertung‘ und die drei Säulen der Nachhaltigkeit beleuchteten. Daraus entstand auch eine Umfrage zur „Zukunft Bauen 2011 und 2012“ bzw. den Themen ‚Gebäudekonzepte‘, ‚Leistbarkeit‘, ‚Herausforderungen‘, bei denen z.B. die Problematiken ‚Vermeidung von Überhitzung‘ und ‚Innenraumluftqualität‘ erwähnt, aber auch Chancen ‚erneuerbare Energien‘, ‚ökologisches Bauen‘ und ‚Energieausweis‘ herausgestrichen wurden (Wirth, 2011, 2012). Von universitären und außeruniversitären Einrichtungen werden

Themen wie z.B. ‚Umwelt und Klima‘, ‚Nutzung von Ressourcen‘, ‚Nachhaltige Technologien und Produkte‘, ‚Nachhaltige Prozesse und Produktion‘, ‚Energieaktive Siedlungen und Infrastruktur‘ und ‚Emissionsarme Mobilität‘ behandelt (vgl. TU Wien, 2011), bzw. Forschungsbereiche wie z.B. ‚Urbane Energiesysteme‘ und ‚Smart Cities‘ (vgl. Klima- und Energiefonds, 2011).

Auch in den Nachbarländern sind Initiativen zum Thema „Zukunft des Bauens“ zu finden: Die Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung BBSR des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung in Deutschland sieht in den Themenkomplexen ‚Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Berechnungs-Tools‘, ‚Neue Konzepte und Prototypen für energiesparende Null – bzw.- Plusenergiegebäude‘, ‚Neue Materialien und Technik (Inklusive Schaffung einheitlicher Standards)‘, ‚Kunst am Bau‘, ‚Nachhaltiges Bauen und Raum- und Bauqualität‘, ‚Demographischer Wandel‘, ‚Regelwerke und Vergabe‘, ‚Finanzierungsformen und Bauwirtschaft‘ und ‚Modernisierung des Bestands‘ Forschungsbedarf für die Zukunft (BBSR, 2009). In der Schweiz wurde als Zielsetzung der Innovationsförderung für die Bauwirtschaft die Plattform ‚Zukunft Bau‘ gebildet, welche sich „als Brückenbauerin zwischen Forschung und Praxis“ engagiert (Plattform Zukunft Bau, 2010); Das Projekt „Bauinnovationen“ stellt hierzu unterschiedlichste Trends und Entwicklung im Bereich ‚Materialien‘, ‚Technologien‘, ‚Sanierung‘, ‚Betrieb‘, ‚Prozesse‘, ‚Typologien‘ und ‚Finanzierung/Management‘ vor (Plattform Zukunft Bau, Bauinnovationen , 2010).

Zusätzlich zu diesen Bewegungen und Initiativen gibt es unzählige Ausgaben von Fachmagazinen zum Schwerpunkt „Bauen der Zukunft“, sowie Veranstaltungen und Wettbewerbe, wie z.B. der internationale Universitäts-Wettkampf „Solar Decathlon“, welcher seit 2002 alle 2 Jahre in den USA durch das US-Ministerium für Energie (US Solar Decathlon, 2009) ausgelobt wird, und seit 2008 auch in Europa durchgeführt wird. (EU Solar Decathlon, 2009).

Erstellt man einen Überblick dieser umfangreichen Programminitiativen, so bilden sich zentrale Themenkomplexe zur ‚Umwelt und Ressourcen‘, zu ‚Mensch und Kultur‘, zur ‚Energienutzung‘ und zur ‚Umsetzung‘ heraus, welche auch die Diskussionsbasis des ersten Expert/innenworkshop im Projekt bildeten (Abbildung 4).

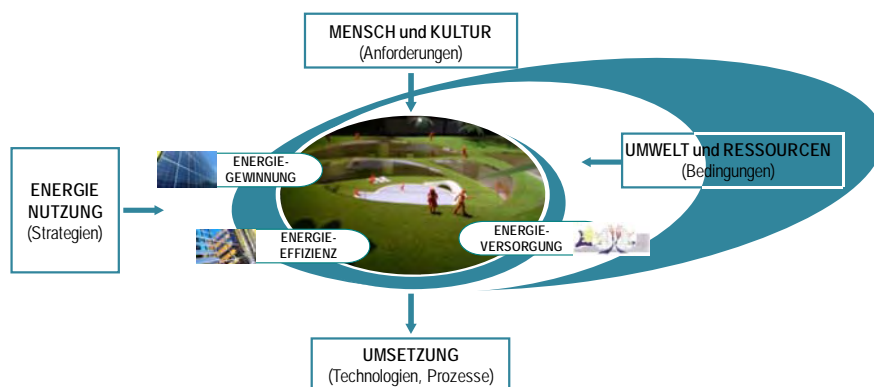


Abbildung 4: Themenbereiche im Spannungsfeld „Bauen der Zukunft“, Diskussionsbasis im Projekt

Zu diesen Themenbereichen wird nun im Folgenden ein auszugweiser Einblick in Trends, grundlegende Überlegungen und strategische Entwicklungen gegeben.

#### Die Ressourcenfrage [Umwelt und Ressourcen]

---

##### → Die Klimafrage

Österreich ist als alpines Land besonders stark von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Ähnlich wie in anderen kontinental geprägten Regionen wird in Österreich mit einem Temperaturanstieg von etwa 0,4°C pro Jahrzehnt gerechnet (Gobiet & Riegler, 2006), was in etwa doppelt so hoch ist wie der globale Durchschnitt.

Höhere Temperaturen führen zu einer Verschiebung der Wärme- und Kälteleistung, andererseits trägt der Energieeinsatz für Raumwärme und Klimatisierung unmittelbar zum Klimawandel bei. In Österreich werden derzeit ca. 30 Prozent des gesamten energetischen Endverbrauchs im Bereich Raumwärme und Klimaanlage, überwiegend betrieben mittels fossilen Brennstoffen, eingesetzt (vgl. Prettentahler & Gobiet, 2008, S.13).

Es wird weiteres prognostiziert, dass in höheren Lagen die Kühlgradtage verhältnismäßig geringer zunehmen werden, als es der Abnahme der Heizgradtage entspräche. Die eher dichter besiedelten niederen Lagen, insbesondere die Ballungszentren, werden mit einer stärkeren Erhöhung der Kühlgradtage bei geringerer Abnahme von Heizgradtagen konfrontiert (vgl. Prettentahler & Gobiet, 2008).

Von einer Änderung der Heiz- und Kühlgradtage sind verschiedene Klimazonen unterschiedlich betroffen, wobei bereits in 30 bis 40 Jahren eine Abnahme der Heizgradtage um bis zu 20% und eine Zunahme der Kühlgradtage um 120 bis 200% errechnet wurde (vgl. Gobiet & Riegler, 2006). Innerhalb dieser Perioden werden an einer Vielzahl der heute neu gebauten oder gerade sanierten Gebäude kontinuierlich größere Instandsetzungs- bzw. Betriebsanpassungsarbeiten durchgeführt werden müssen. Somit werden praktisch alle (außer Industrie- und Hallenbauten) heute gebauten und in Planung befindlichen Gebäude davon betroffen sein. Daher muss sich die Bauwirtschaft mit zukunftsfähigen Lösungen auseinandersetzen, wenn man nicht Gefahr laufen will, neue Gebäude unter der geplanten Lebensspanne als Sanierungsfälle mit erheblicher Umweltbelastung durch Abfallanhäufung und Ressourcenbedarf betrachten zu müssen (vgl. Prettentahler & Gobiet, 2008, S.74).

##### → Die Ressourcenfrage

Beim Thema „Nachhaltigkeit im Bauwesen“ bzw. „Nachhaltige Gebäude“ kommt man an einer näheren Betrachtung der verwendeten Baumaterialien nicht vorbei; nicht zuletzt auch durch den Druck der steigenden Zahl umweltbewusster Konsument/innen, die die Verwendung von ökologischen und schadstoffarmen Bauprodukten einfordern. Die Beschäftigung mit nachhaltigen Baumaterialien muss sowohl die Materialebene als auch Ressourcenfragen beinhalten. Dies betrifft vor allem die Ressourcenschonung als auch die Verwendung von schadstoffarmen bzw. -freien Baumaterialien. Beispielhaft werden daraus nun drei Themen, das Baumaterialrecycling, ein Ansatz für Ökoeffektivität und Überlegungen zur grauen Energie, vorgestellt.

Baumaterialrecycling - Die Idee einer „Recyclinggesellschaft“ wurde auf Gesetzgebungsebene der Europäischen Union verankert. In der sogenannten „Abfallrahmenrichtlinie“ (Richtlinie 2008/98/EG) bekennt sich die EU im Artikel 11, Absatz 2, zur Entwicklung einer europäischen Recycling-Gesellschaft: *„Zur Erfüllung der Ziele dieser Richtlinie und im Interesse der Entwicklung zu einer europäischen Recycling-Gesellschaft mit einem hohen Maß an Effizienz der Ressourcennutzung ergreifen die Mitgliedsstaaten die zur Erreichung der folgenden Zielvorgaben nötigen Maßnahmen:...“*. In diesem Absatz sind unter Punkt b) die Maßnahmen für Baurestmassen geregelt: *„[...] bis 2020 wird die Vorbereitung zur Wiederverwendung, des Recyclings und die sonstige stoffliche Verwertung (einschließlich der Verfüllung, bei der Abfälle als Ersatz für andere Materialien genutzt werden) von nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfällen — mit Ausnahme von in der Natur vorkommenden Materialien, die in Kategorie 17 05 04 des Europäischen Abfallkatalogs definiert sind — auf mindestens 70 Gewichtsprozent erhöht“*.

Dies bedeutet, dass die EU anerkennt, dass Baurestmassen wertvolle Rohstoffe für den Neu- oder Umbau von Gebäuden darstellen, auch wenn es noch keine verpflichtenden Anteile für die Verwendung von rezyklierten Baustoffen gibt. In Österreich ist in der ÖNORM B 2251 für Abbrucharbeiten zumindest der Einsatz von abfallwirtschaftlich gebildeten Facharbeitern vorgesehen (vgl. Fachmagazin für europäischen Recyclingmarkt, 2010). Die Regeln für den Umgang mit Baurestmassen werden in Österreich in verschiedenen Gesetzen und Verordnungen geregelt, wie z.B. dem Abfallwirtschaftsgesetz<sup>4</sup>, dem Altlastensanierungsgesetz<sup>5</sup>, der Baurestmassentrennungsverordnung<sup>6</sup> und der Deponieverordnung<sup>7</sup> (vgl. Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, 2010).

Wie wichtig ein gezieltes Baumaterialrecycling ist, zeigt die Statistik des Bundesabfallwirtschaftsplans, wonach in Österreich das jährliche Aufkommen von Baurestmassen und Bodenaushub rund 28 Mio. Tonnen, das sind rund 52 % des Gesamtabfallaufkommens, ausmachen (BAWP, 2009). Ein verstärkter Einsatz von Baurestmassen als Recyclingbaustoffe birgt ein enormes Potenzial zum verantwortungsvolleren Umgang mit Ressourcen im Bauwesen.

Cradle-to-Cradle (C2C) - Die Idee des C2C stammt vom deutschen Chemiker Michael Braungart und dem US-amerikanischen Architekten William McDonough. Die Hauptidee von C2C beruht auf dem Leitsatz, dass nach dem Vorbild der biologischen Kreisläufe, die keinerlei Abfall produzieren, auch technische Produkte oder „Nährstoffe“ in eine Art technischen Kreislauf ohne Abfallaufkommen gebracht werden. Dieses Prinzip wird von den beiden Autoren mit dem Begriff „Ökoeffektivität“ zusammengefasst (McDonough & Braungart, 2002). Während es in der Textilbranche schon einige erfolgreiche Beispiele von C2C-zertifizierten Produkten gibt (EPEA, 2010), ist C2C im Bauwesen noch weniger verbreitet (Interreg IVC Projekt, 2010).

---

<sup>4</sup> BGBl. I Nr. 54/2004

<sup>5</sup> BGBl. I Nr. 40/2008

<sup>6</sup> BGBl. Nr. 259/1991

<sup>7</sup> BGBl. II Nr. 39/2008

Graue Energie - In den letzten Jahren wurden in Europa Normen und Richtlinien für Gebäude erarbeitet, die eine Beurteilung des Energieverbrauches während der Betriebszeit erlauben. Der Forschungs- und Entwicklungsstand geht darüber hinaus und arbeitet an Niedrig- bis hin zu Plusenergiehäusern. Dabei wird ein Mehraufwand von sogenannter Grauer Energie bei Wärmedämmstoffen, zusätzlicher Bausubstanz und haustechnischen Anlagen in Kauf genommen.

Die Graue Energie ist wie folgt definiert: „*Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet.*“ (Wind & Heschl, 2008). An dieser Definition kann man erkennen, welche Schwierigkeiten eine Berechnung der Grauen Energie eines Gebäudes mit sich bringt. Gerade die Abschätzung der Entsorgung sowie der Transporte und Hilfsmittel sind von Baustelle zu Baustelle sehr unterschiedlich.

In ungünstigen Fällen kann die Graue Energie den gesamten Heizwärmebedarf eines Passivhauses während dessen Lebensdauer überschreiten. Die Graue Energie hat hier bereits mehr Einfluss auf den Gesamtenergiebedarf als die Heizenergie (Wind & Heschl, 2008). Die Schwierigkeit liegt jedoch in der Abschätzung des Anteils an Grauer Energie. Anfang 2010 wurde in der Schweiz vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) das Merkblatt „Graue Energie von Gebäuden“ herausgegeben (Gugerli, H. et al, 2008). Gebäude sollen in Zukunft ganzheitlich betrachtet werden und nicht nur auf die Betriebsenergie reduziert werden. Mit diesem Merkblatt sollen Berechnungen zur Grauen Energie eines Gebäudes für Neubauten und Umbauten von ganzen Gebäuden und von Gebäudeteilen sowie für einzelne Bauteile durchgeführt werden können.

Neben der Primärenergie werden im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung auch das „Global Warming Potential“ (GWP) und das „Acidification Potential“ (AP) von Baustoffen angegeben. Das GWP quantifiziert die Treibhausgasemissionen verschiedener Treibhausgase wie Methan CH<sub>4</sub>, Stickoxide, Fluorkohlenwasserstoffe (FKWs) bezogen auf die Leitsubstanz CO<sub>2</sub> und wird in CO<sub>2eq</sub> angegeben. Das AP berücksichtigt die bei der Verarbeitung anfallenden Luftschadstoffe die zur Säurebildung führen. Gerade in den 1980er Jahren war dies problematisch und machte sich durch sauren Regen bemerkbar, was zur Schädigung von Menschen, Tier und Pflanzen führte.

#### Trends und Visionen zu zukunftsfähigen Lebensräumen [Mensch und Kultur]

---

##### → Konzepte zu zukunftsfähigen Lebensräumen

Die geforderte hohe Lebensqualität fordert moderne wachsende Städte enorm heraus. Einerseits steht das Bestreben nach Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit bei immer mehr Städten im Fokus. Andererseits stehen Städte vor der Herausforderung, den stetig steigenden Energie- und Ressourcenverbrauch einer global agierenden Wohlstandsgesellschaft bewerkstelligen zu müssen. Dies zeigt sich deutlich an dem Beispiel der Widmung des städtischen Flächenbedarfs bzw. der Flächenbewirtschaftung: Es wird

nicht mehr nur in bebaubare oder als Grünflächen oder Freiflächen nutzbaren Bereiche unterteilt, sondern es müssen nun auch solaraktive Flächen für die regionale Energiegewinnung berücksichtigt werden. Dabei erweitert sich die Flächenfrage von der Grundflächennutzung in Richtung Gebäudeoberflächennutzung. Trends im urbanen Raum, wie das Vertical Farming, solare Gebäude-Kraftwerke oder solarversorgte Verkehrsinfrastruktur sind beispielgebend. Die Entwicklung und Umsetzung integrativer systemübergreifender Maßnahmen für ein attraktives, nachhaltiges urbanes Lebensumfeld wird in den Smart Cities Initiativen betrachtet, welche neben der gebauten Umwelt auch die Mobilität und Ressourcennutzung bzw. Energieversorgung im urbanen Umfeld berücksichtigt.

→ Nachhaltige Energieversorgung von Städten

Forschungs- und Technologieentwicklungen arbeiten an Prozessen und Technologien zur Effizienzsteigerung und an Energieumwandlungstechnologien der Zukunft, die den steigenden Energiebedarf von Städten zu begegnen. Dabei sind vor allem die Bereiche „Intelligentes Energiemanagement“, „Veränderung des Nutzerverhaltens“ und „Energieeinsparung (Energieeffizienzstrategien)“ gefragt.

→ Die integrale Planung bzw. der „Integrated Design Prozess“ (IDP)

Der Betrieb von Plus-Energie Gebäuden strebt einerseits einen möglichst geringen Energie- und nachhaltigen Rohstoffbedarf an, um die für den Betrieb benötigte Energie gering zu halten. Andererseits soll durch erneuerbarer Energietechnologien sowohl jene Energie für den Restenergiebedarf als auch jene für die Netzeinspeisung bereitgestellt werden. Dabei ist bei der Planung eines Gebäudes höchste Sorgfalt bei der Abstimmung der relevanten Einflussfaktoren geboten. Die derzeitige Vorgehensweise zur Erreichung dieses Ziels wird durch die integrale Planung - mit Input von Lebenszyklusbetrachtungen – gekennzeichnet. Bezüglich der energetisch relevanten Ziele unterteilen sich diese im Allgemeinen in die Erstellung eines energetischen Gebäudekonzepts sowie in ein energieeffizientes Energiekonzept.

### Qualitätsstandards zur Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft [Umsetzung]

Dass das Nachhaltigkeitsdenken den Bausektor längst erreicht hat, überrascht aufgrund des internationalen Anteils von 42% am Endenergieverbrauch, 35% an den Treibhausgasemissionen, 40% am Ressourcenverbrauch und 60% am Abfallvolumen nicht (vgl. EU Kommission, 2007). Durch die Schaffung von Normen und Richtlinien zur Nachhaltigkeit am Bau sollen daher Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele der Europäischen Union international verbindlich gemacht werden. In den letzten Jahren wurden unterschiedliche Ansätze implementiert, um Nachhaltigkeit am Bau zu fördern und zu prüfen. Auf einige davon wird im Folgenden kurz eingegangen.

→ Aktuelle Normenentwicklungen zur Nachhaltigkeit und zur Energieeffizienz

Auf europäischer Ebene erteilte die Europäische Kommission 2005 ein Mandat an die europäische Normung zur Ausarbeitung von Normen zum Thema Nachhaltigkeit am Bau. 2009 lagen die ersten Ergebnisse im Rahmen der CEN/TC 350 „Nachhaltigkeit von

Gebäuden“ vor (Wibke, 2009), welche u.a. in den ÖNORMEN EN 15643 (1, 2, 3 und 4. Teil) "Nachhaltigkeit von Bauwerken – Rahmenbedingungen für die Beschreibung der integralen Qualität von Gebäuden" umgesetzt wurden ((ÖNORM EN 15643 (1-4), 2009-2012). Im vierteiligen Entwurf der CEN/TC 350 wird die Nachhaltigkeit von Gebäuden nicht nur hinsichtlich ihrer ökologischen und ökonomischen Qualität, sondern auch hinsichtlich sozialer Auswirkungen und Aspekte bewertet. Zentrale Kriterien sind dabei Gesundheit und Behaglichkeit, Erreichbarkeit, Instandhaltung und Wartung, Schutz und Sicherheit sowie Einwirkungen aus der Umgebung (CEN/TC 350, 2010).

Eine bestehende gesetzliche Anforderung bildet hingegen die quantitative Beurteilung der energetischen Performance eines Gebäudes. In Österreich ist diese in den neun Landesbauordnungen festgelegt, wobei jedoch alle Bundesländer die diesbezüglichen Vorgaben der OIB-6 Richtlinie „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ übernommen haben (OIB, Oktober 2011). Sie setzt die Mindestkriterien für Neubau und Sanierung an die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) von Bauteilen bzw. legt die Höchstwerte für den Heizwärme- und Kühlbedarf von Gebäuden fest<sup>8</sup>. Hier wird auch geregelt, wie der Energieausweis auszusehen hat, der bundesweit durch das Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG 2012) eingefordert wird und eine Folge der Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EC über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden darstellt (EPBD 2002). Mit der neuesten Auflage des Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG) werden nun auch Haftungsbestimmungen bundesweit gesetzlich geregelt (EAVG 2012).

Überdies hat sich in Österreich das für Passivhäuser geltende Qualitätsgütesiegel „Zertifizierte Passivhaus“ etabliert. Passivhäuser werden nach den Richtlinien des Passivhausinstitutes Darmstadt (Passivhaus Institut Darmstadt, 2009) bzw. dem vom Institut entwickelten einheitlichen System PHPP, dem Energiebilanzierungs- und Passivhaus-Planungstool, bewertet.

#### → Gebäudezertifizierungen und Lebenszyklusmodelle

Gebäudezertifizierungen werden bisher noch auf freiwilliger Basis durchgeführt. Planer/innen und Architekt/innen werden dabei gemeinsam mit den Auftraggeber/innen zur integralen Planung und Betriebsführung von Bauprojekten angehalten. Die Anforderungen an die Planung, die Errichtung, den Betrieb und die Wiederverwertung eines Gebäudes sind dabei systematisiert, die Bewertungsergebnisse in Kennzahlen dargestellt und über Zertifikate oder Gütesiegel kommuniziert (Thaller, 2010). Mit der Etablierung internationaler Gebäudezertifizierungssysteme wie z.B. BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) des Building Research Establishment BRE (seit 1990) (BRE, 2009) oder LEED (Leadership in Energy and Environment) des US Green Building Council USGBC (seit 2000) (US Green Building Council, 2009), wurden erstmals länderübergreifend Gebäude auf deren Nachhaltigkeit hin geprüft und deren Einfluss auf die Umwelt bewertbar gemacht. In den Folgejahren entstanden darauf weltweit mehrere, mittlerweile gut entwickelte Zertifizierungssysteme. Gebäudezertifikate werden zunehmend von Immobilienentwicklern nachgefragt, da sie nicht zuletzt auch einen Wettbewerbsvorteil darstellen.

---

<sup>8</sup> Regelungen für den Kühlbedarf gibt es hier nur für Nicht-Wohngebäude [vgl. OIB-RL6-2007]

2005 hat die Europäische Union das freiwillige Green Building Programm mit einem eigenen Bewertungssystem ins Leben gerufen. Das darin entwickelte Label konzentriert sich auf den Energieverbrauch, wobei die jeweils national höchst zulässigen Verbrauchsziele (in Österreich gilt die OIB-Richtlinie 6 bzw. die Bauordnungen der Länder) um 25 % unterschritten werden müssen (GreenBuilding Programme, EU-Kommission, 2009). In Österreich wird das Programm durch die Österreichische Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (ÖGNB) betreut.

Die Bewertung von Gebäuden erfolgt immer häufiger durch Anwendung eines ganzheitlichen Lebenszyklusmodells, wobei neben der energetischen auch die Auswirkungen und die Aspekte der umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Qualität von Gebäuden unter Anwendung von quantitativen und qualitativen Indikatoren gemessen werden (ÖNORM EN 15643 (1-4), 2009-2012). Auch international geht der *‚Trend von einer rein energetischen Einstufung eines Gebäudes hin zu einer umfassenden Gebäudebewertung nach ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeitskriterien. Gebäudepässe oder –zertifizierungen überprüfen also Kriterien, die einerseits die Behaglichkeit von Nutzer/innen und andererseits die Ressourceneffizienz eines Gebäudes im Lebenszyklus beurteilen‘* (IBO, 2010).

In Österreich gibt es seit 2010 ein Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude, die Total TQB - Quality Building-Bewertung der ÖGNB Österreichischen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen. Die TQB ist das Nachfolgesystem des TQ - *Total-Quality-Konzepts* des Österreichischen Ökologieinstituts, des IBO-Ökopass vom Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie sowie des *klima:aktiv-Gebäudestandards* (ÖGNB, 2011). Mit TQB werden Gebäude in den fünf Kategorien *Standort & Ausstattung, Wirtschaft & technische Qualität, Energie & Versorgung, Gesundheit & Komfort* und *Ressourceneffizienz* an Hand von 19 Einzelkriterien bewertet.

Ein weiteres, in Österreich verwendetes Bewertungssystem ist das Gütesiegel Nachhaltiges Bauen der Österreichischen Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienindustrie (ÖGNI), das auf dem deutschen Zertifikat DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) aufbaut und österreichische Rahmenbedingungen berücksichtigt (ÖGNI, 2010). Die Bewertung wird in Themenfeldern zur *ökonomischen Qualität, ökologischen Qualität, soziokulturellen und funktionalen Qualität, Standortqualität, technischen Qualität* und *Prozessqualität*, sowie anhand rund 60 Kriterien vorgenommen.

#### Plus-Energie Gebäude: Definitionen, Strategien und Trends [Energienutzung]

Es ist mittlerweile in Österreich durchaus angewandte Praxis, bei Gebäuden eine höhere Energieeffizienz als gesetzlich vorgeschrieben zu erreichen. Passivhäuser haben sich daher im Wohnbausektor bereits zu einem gut implementierbaren Standard entwickelt. Da keine Umsetzungsprobleme sowie Einschränkungen seitens Planer/innen und Nutzer/innen zu erwarten sind, entscheiden sich zunehmend mehr Bauträger auch im Nicht-Wohnbausektor für die Errichtung in Passivhausqualität – nicht zuletzt auch, weil sich die Mehrkosten für die Errichtung in Grenzen halten und die Förderungssysteme zunehmend auf energieeffizientes



Bauen ausgerichtet sind. Auch in Gebäuden, die nicht in allen Punkten die Kriterien eines Passivhauses erfüllen, werden zunehmend Komponenten eingesetzt, deren energietechnische Parameter deutlich unter den Mindestanforderungen der Bauordnungen bzw. der OIB-6 Richtlinie liegt (z.B. dreifach-Verglasungen bei Fenstern).

Die Nachfolgerichtlinie zur EPBD 2002, die *Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden* sieht nun vor, dass ab 2019 bzw. 2021 alle Neubauten sogenannte Niedrigstenergie-Gebäude sein müssen, wobei die Regelungen des Energiebedarf hier nicht mehr auf den Heizwärme- und Kühlbedarf, sondern auf den Primärenergiebedarf abzielen. Die Festsetzung der Grenzwerte bleibt den Mitgliedsstaaten überlassen, daher steht noch nicht fest, wie in Österreich ein Niedrigstenergie-Gebäude exakt definiert bzw. umzusetzen sein wird. Die Definitionen in der EPBD definieren ein Niedrigstenergie-Gebäude als *„ein Gebäude, das eine sehr hohe [...] Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen — einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird — gedeckt werden.“* Eine aktuelle Definition eines Niedrigstenergie-Gebäudes in Österreich findet sich in der ÖNORM B 8110-1 und bezieht sich einzig auf den Heizwärmebedarf, der hier abhängig von der Charakteristischen Länge angegeben wird<sup>9</sup>. Darüber hinausgehende Anforderungen, die z.B. die Abdeckung dieses Energiebedarfs betreffen, gibt es noch nicht. In der, im Oktober 2011 aufgelegten Neufassung der OIB-Richtlinie 6 werden hingegen Anforderungen an den Endenergiebedarf der Gebäude gestellt, und im Energieausweis neben dem Heizwärmebedarf auch Angaben zum Primärenergiebedarf, zu den Kohlendioxidemissionen und zur Energieeffizienz verlangt (vgl. OIB, Oktober 2011).

Über die Anforderungen an ein Niedrigstenergie-Gebäude hinaus gehen die Anforderungen an ein Plus-Energie Gebäude, welches momentan im Fokus der Forschung steht. *„Unter „Plus-Energie-Gebäude“ wird ein Gebäude verstanden, dessen jährlicher Primärenergieverbrauch vor dem Hintergrund höchster Energieeffizienz unter der vor Ort produzierten erneuerbaren Energie liegt. Unter „vor Ort“ wird innerhalb der Grenzen der Siedlung oder des Gebäudes bzw. in unmittelbarer Nachbarschaft hierzu verstanden“* (BMVIT, 2009).

Prinzipiell kann man sich dem Ziel des Plus-Energie Gebäudes durch drei unterschiedliche Herangehensweisen nähern, wobei zur Zielerreichung alle drei Richtungen berücksichtigt und zumindest in einem gewissen Maß ausgeschöpft werden müssen:

Reduktion der Verluste durch Transmission und Ventilation

Reduktion des Energieverbrauchs durch Nutzungsanpassung und Effizienzsteigerung

Steigerung der Vor-Ort-Energiegewinnung

Es gibt in diesem Kontext Konzepte, bei denen statt auf die absolute Minimierung des Energieverbrauchs auf die verstärkte passive und aktive Nutzung von am Ort vorhandenen

---

<sup>9</sup>  $HWB_{BGF, nstE-WG, Ref} \leq 10 \cdot (1 + 3/l_c) [kWh/m^2a]$ , siehe [ÖNORM B8110-1]

Ressourcen abgezielt wird. Ein Beispiel wäre das Konzept des „Sonnenhauses“ (Initiative Sonnenhaus Österreich, 2011). Durch die künftige Umstellung der Bewertungskriterien von dem durch Verluste verursachten Heizwärme- und Kühlbedarf, bei dem aktive Energiegewinnung nicht berücksichtigt wird, hin zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs, bei dem die Energiegewinnungs- und Verteilungssysteme eine entscheidende Rolle spielen, wird dieser Trend noch verstärkt werden.

#### → Entwicklungsbedarf für Plus-Energie Gebäude

Durch den Technologieschub, den die Bauindustrie in den letzten Jahren durch die Einführung des Passivhausstandards erlebt hat, ist das Hauptaugenmerk auf der Reduktion des Heizwärmebedarfs gelegen, sodass als Passivhäuser errichtete Neubauten im Vergleich zu vor 15 Jahren errichteten Standardgebäuden nur mehr einen Bruchteil des Heizwärmebedarfs aufweisen; dies ist ein Fortschritt, von dem auch die heute als Standardgebäude errichteten Bauwerke profitieren, weil z.B. die thermische Qualität der Komponenten, z.B. der Verglasungen, durch die technologische Entwicklung begünstigt und in den Anschaffungskosten reduziert wurden.

In der Gebäudesanierung sind die hier entwickelten Technologien nur mit Einschränkungen einsetzbar. Da europäische Städte jedoch über einen großen Altbaubestand verfügen, sind auf diesem Sektor spezialisierte Entwicklungen notwendig.

Durch die Tatsache, dass aktive Kühlung in Österreich im Wohnbau, der in der Technologieentwicklung die Vorreiterrolle einnimmt, eine untergeordnete Rolle spielt<sup>10</sup>, herrscht hier noch besonderer Entwicklungsbedarf. In modernen Bürohäusern wird zunehmend der Kühlenergiebedarf zum entscheidenden Kriterium. Die Aussicht, dass in Zukunft mit längeren Hitzeperioden zu rechnen ist, verstärkt zusätzlich den Entwicklungsbedarf auf diesem Sektor, da voraussichtlich mit zusätzlichem Kühlenergiebedarf zu rechnen ist, auch wenn nach (Prettentahler & Gobiet, 2008) selbst bei einem starken Zuwachs der Kühlsysteme in österreichischen Gebäuden insgesamt durch die Klimaerwärmung gesamt mehr Energie (Heizenergie) eingespart werden wird.

Ein weiterer Entwicklungsbedarf findet sich im Bereich des Innenraumkomforts und damit verbunden im Bereich der Regelung, da auch hier das Hauptaugenmerk bisher beim thermischen Komfort lag und Themen wie Luftfeuchtigkeit, CO<sub>2</sub>-Gehalt und Tageslichtnutzung nicht im selben Ausmaß berücksichtigt wurden.

Bei diesen angesprochenen Themen bleibt auch zu bedenken, dass den gestiegenen Anforderungen, die an ein modernes Gebäude gestellt werden, heutzutage hauptsächlich mit verstärktem Einsatz von aktiven Haustechniksystemen begegnet wird, die ihrerseits wieder Antriebsenergie benötigen. Auch hier herrscht Bedarf für Forschung, um der Frage nachzugehen, wie diese Anforderungen allein durch Form und Material gelöst werden

---

<sup>10</sup> Der Kühlenergiebedarf des gesamten österreichischen Gebäudebestands betrug 2010 nach (Adnot J., 2003, S.15ff) rund 633GWh. Dem gegenüber steht ein Endenergiebedarf für Raumheizung und Klimatisierung allein der Haushalte von 49.686GWh in 2009 (Statistik Austria, vgl. [www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/energie/](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/)).

können. Gerade hier stellt die Bionik eine geeignete Methode dar, da es sich dabei um Fragestellungen handelt, die die Evolution in vieler Hinsicht bereits gelöst hat.

### 3.1.2 [Review] Bionik – Inspirationspool der Natur

Um ein Grundverständnis für die Potenziale der Bionik zu vermitteln, wird hier ein Überblick über die Wissensdisziplin Bionik und den themenrelevanten Aktivitäten gegeben.

#### Definition Bionik

---

Bionik bezeichnet, im deutschsprachigen Raum als sogenanntes Kofferwort aus *Biologie* und *Technik* zusammengesetzt, die systematische Suche und Übertragung technisch verwendbarer Wirkungsprinzipien von natürlichen Systemen.

Die erste offizielle deutschsprachige Definition stammt aus einer VDI Tagung im Jahr 1993 und lautet: „*Bionik als wissenschaftliche Disziplin befasst sich mit der technischen Umsetzung und Anwendung von Konstruktions-, Verfahrens- und Entwicklungsprinzipien biologischer Systeme.*“ (VDI, 1993). Die Definition wurde zwischenzeitlich in einer endgültigen Fassung der Richtlinie VDI 6220, Blatt 1 überarbeitet (VDI, 2012).

In einer jüngeren Studie des Büro für Technologiefolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag aus 2006 „...*ist die Bionik nicht als Nachahmung biologischer Vorbilder zu verstehen, sondern als Analyse von natürlichen Prinzipien (z.B. Funktionsmorphologie), um diese in meist abstrahierter Weise in die Technik [...] bzw. allgemeiner in die Homosphäre übertragen zu können* (Oertel & Grunwald, 2006).

„*Die Bionik ist erkenntnistheoretisch gebunden an eine technische Weltsicht. Es wird ein technikorientierter Zugang in die Natur gewählt mit dem Ziel der Rücktransformation von Erkenntnissen in die Technik (technikorientiertes Erkennen natürlicher Prinzipien für lebensorientierte Optimierung technischer Verfahren und Produkte). In der Bionik wird somit die Natur als Ensemble technischer Problemlösungen, optimiert unter evolutionärem Druck, betrachtet. Eine stark vereinfachte Definition wäre somit „Lernen von der Natur“ (Zitat Nachtigall). Es ist auch strittig, inwieweit hierbei auch die Übertragungsrichtung von Erkenntnissen wieder umgedreht (Richtung biologischer Systeme) werden darf. Allgemein gelten jedoch technische Ansätze wie z.B. die Prothetik oder die Neuroinformatik als inkludiert.*“ (Oertel & Grunwald, 2006).

Eine tabellarische Zusammenstellung von Definitionen für die Bionik findet sich u.a. in einer Publikation von Prof. Dr. Arnim von Gleich (Gleich et al, 2007). Hierin ist die Entwicklung der Sichtweise von einer eher kopierenden Disziplin nach J.E. Steele (Gerardin, 1968) über die Betonung der Funktionsanalyse und Adaptierung von Prinzipien (vgl. VDI, 1993) bis zu einer sehr pragmatischen Zusammenschau von „Inspirationsmöglichkeiten“ nach Bar-Cohen gegeben, wonach natürliche Methoden, Prozesse und Konstruktionen je nach Anwendung und erreichbaren Nutzen direkt kopiert oder adaptiert werden oder auch nur als Inspirationsquelle dienen können. (vgl. Bar-Cohen, 2006, S.2)

Bezüglich der Vorgehensweise für bionische Entwicklungen wird grundsätzlich in zwei Ansätzen (Abbildung 5) unterschieden:

### Der Bottom-up-Prozess

Ausgehend von Erkenntnissen der Grundlagenforschung in der Biologie, genaugenommen der technischen Biologie, werden Anwendungen zu den gefundenen biologischen Wirkungsprinzipien gesucht. Startpunkt des Bottom-up-Prozesses ist somit die Entdeckung eines biologischen Prinzips. Beispiele hierfür sind die Entwicklung des Klettverschlusses (nach dem Schweizer Ingenieur George de Mestral), des Stacheldrahtzaunes oder auch von selbstreinigenden Oberflächen nach dem Vorbild der Lotusblätter (Barthlott, 2011). Der Innovationsgehalt im Bottom-up-Prozess ist meist höher, da die Lösungen neuartig sind, die Entwicklungsphase bis zu einem bionischen Produkt dauert hingegen meist deutlich länger.

### Der Top-down-Prozess

Im Gegensatz zum Bottom-up-Prozess ist hier der Ausgangspunkt ein erkanntes technisches Problem. Durch eine Übertragung analoger, optimal gelöster Prinzipien aus anderen Fachgebieten, wie z.B. aus der Biologie, entstehen häufig erstaunliche Innovationen. Im Top-down-Prozess werden zu technischen Fragestellungen systematisch natürliche Vorbilder gesucht, welche ihrerseits mit ähnlichen Problemen konfrontiert werden. Die identifizierten Analogien werden analysiert und die Ergebnisse auf das Ausgangsproblem übertragen. Ein typisches Beispiel hierfür sind zahlreiche Erfindungen im Bereich der Aerodynamik, wie Strömungsabrisskanten oder aktuelle Entwicklungen, wie z.B. die Riplettfolien der österreichischen Firma bionic surface technology GmbH, welche eine haifischhautähnliche Oberfläche aufgrund von Strömungssimulationsergebnissen nachgebaut haben (bionic surface technology GmbH, 2011).

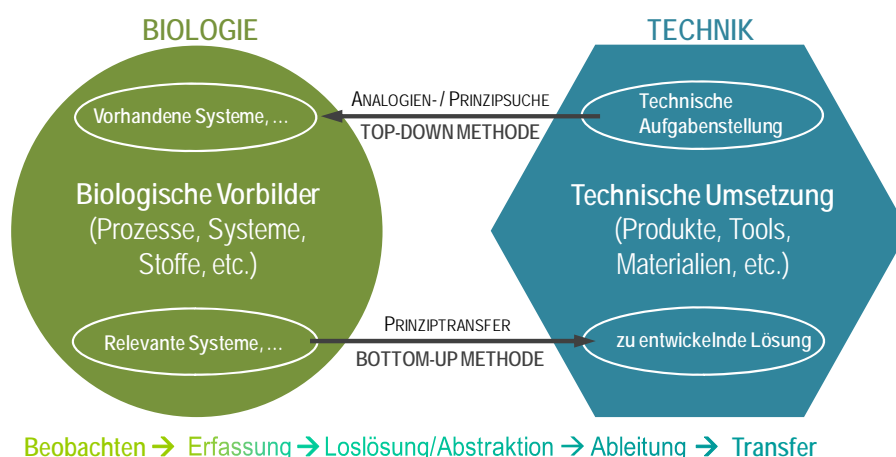


Abbildung 5: Bionische Methoden/Vorgehensweisen – Top-Down und Bottom-Up Prozesse

Neben historischen Beispielen, wie Fibonacci's Zahlenreihen mit dem resultierenden Erklärungsmodell für die Entwicklung von Kaninchenpopulationen, bzw. auch pflanzliche Konstruktionen, oder Da Vinci's Flugapparaten, sind bis zum Beginn der 1990er Jahre

einzelne Entdeckungen und Nutzbarmachungen von natürlichen Phänomenen, wie der Klettverschluss (George de Mestral), der Lotusblatteffekt (Wilhelm Barthlott), Membrankonstruktionen (Otto Frei) oder auch die Beforschung und Anwendung von evolutionären und genetischen Algorithmen (Ingo Rechenberg) evident. In den letzten 15 Jahren erhöhte sich die Anzahl und fachliche Breite der mehr und mehr systematisch gesuchten Übertragungsmöglichkeiten aus der technischen Biologie.

Arnim von Gleich unterscheidet hierzu in 3 Hauptentwicklungsstränge (Gleich et al, 2007, S. 19ff):

- Funktionsmorphologie, Form und Funktion
- Signal- und Informationsverarbeitung, Biokybernetik, Sensorik und Robotik
- Nanobionik – Molekulare Selbstorganisation und Nanotechnologie

Der Entwicklungsstrang *Funktionsmorphologie* ist der älteste Bereich mit den „sichtbarsten“ Lösungen. Der zweite Bereich stützt sich auf Modelle und Ansätze der Biokybernetik. Wenn man Ansätze wie dezentrale Steuerung, neuronale Netze, „parallel computing“, selbstorganisierende Software zu den bionischen Lösungen zählt, so wird diesem Strang gerade im Zusammenhang mit der Robotik und der Signal- und Informationsverarbeitung sehr hohes Potenzial zugeschrieben (vgl. Gleich et al, 2007, S.22). Der dritte Entwicklungsstrang, die Nanobionik, begibt sich bis auf die molekulare Ebene. Getragen vom Entwicklungsschub in der Nanotechnologie insgesamt, ist dieser Bereich der jüngste, und befindet sich erst im Aufbau. Beforscht werden hierbei bionische Lösungen im Zusammenhang mit Spinnenseide, Biomineralisation, funktionalisierte Oberflächen, gesteuerte Kristallisation, uvm. (vgl. Gleich et al, 2007, S.23).

Eine taxative Auflistung von derzeit vielversprechenden bionischen Ansätzen ist aufgrund der Themenbreite und des uneinheitlichen Begriffs- und Definitionsgebrauches nicht möglich. Alle recherchierten Studien, welche sich mit dem bionischen Potenzial beschäftigen, verweisen nur beispielhaft auf einzelne erkannte Forschungsthemen bzw. fassen diese in grobe Kategorien zusammen.

Nach Oertel & Grunwald, wie auch nach Gleich et al wird der Konvergenz von mehreren Ansätzen bzw. Entwicklungssträngen große Bedeutung zuerkannt. Beispielsweise finden derzeit zahlreiche Bestrebungen im Bereich „Neuer Materialien“ statt, welche z.B. die Morphologie von Oberflächen bis auf die Nanoebene untersuchen bzw. mittels Nanotechnologie selbstorganisierende hierarchisch gegliederte Materialien mit definierter Form und Funktion anstreben. Ein Beispiel für die Konvergenz wäre die Materialentwicklung für Sensoren oder umgekehrt der Einsatz von „smart materials“ in der Sensorik. Häufig findet man in diesem Zusammenhang auch den Begriff der „Neuen Bionik“, welcher aktuelle Entwicklungen in der Nanotechnologie und Evolutionsbiologie einschließt (vgl. Oertel & Grunwald, 2006)

Bionik übt in der Öffentlichkeit vielfach eine Faszination aus, da in ihr eine naturnähere und damit angepasste Technik erwartet wird. Insbesondere werden mit ihr häufig Eigenschaften

wie Einpassung in natürliche Kreisläufe, Risikoarmut, Fehlertoleranz, etc. assoziiert. Dies begründet vielfach eine hohe Motivation für Wissenschaftler/innen, sich der Bionik anzunehmen. Auch fasziniert die mit der visuellen Ähnlichkeit von bionisch-technischen Details und natürlichen Vorbildern verbundene „Ästhetik“ (Gleich et al, 2007, S29). Rational kann dieses emotionale „Versprechen“ der Bionik jedoch nicht als Bestandteil dieser akzeptiert werden, da die Natur per se „nur als Vorbild“ für technische Problemlösungen im Fokus steht (vgl. Oertel & Grunwald, 2006)

Grundsätzlich muss jedoch erwähnt werden, dass es bis dato vergleichsweise wenige erfolgreiche Innovationen mit Bionikbezug am Markt gibt, diese werden aber aufgrund der ausgeübten Faszination sehr häufig in Zeitungen und populärwissenschaftlichen Medien dargestellt. Viele bionische F&E-Projekte sind nicht über das Stadium der Grundlagenforschung oder das Prototypenstadium hinausgekommen. Als Innovationshemmnisse werden in diesem Zusammenhang die unterschiedlichen Komplexitätsgrade der Vorbilder und angestrebten Lösungen sowie die problematische Herauslösbarkeit von Teilfunktionalitäten bei der Übertragung von technischen Prinzipien zwischen den grundverschiedenen „Welten“ Natur und Technik gesehen. (vgl. Gleich et al, 2007, S.200) Dagegen werden als Innovationstreiber im Zusammenhang mit der Bionik die Erweiterung des Suchraumes, das positive Image und die grundlegende Begünstigung des Self-X-Paradigmas genannt. Gerade letzteres begünstigt die Konvergenz mit den eher jungen Disziplinen wie Nanotechnologie oder Robotik, welche ebenfalls zunehmend einen solchen Ansatz der Selbstorganisation verfolgen.

#### Einblick in Bionik-Aktivitäten in Österreich

---

**Bionikbezogene Förderinitiativen** - In Österreich konnten in der Anfangsphase des Projekts nur einzelne geförderte Aktivitäten mit Bionikbezug recherchiert werden. Beispielhaft werden hierzu zwei unterschiedliche Projekttypen angeführt: Bionik als Kreativitätstechnik wurde z.B. in einem FFG-Coin-Projekt „Bioniquity“ (2005) behandelt. Im Rahmen des Forschungsförderungsprogramms „Haus der Zukunft“ wurden einzelne Beispiele für bionisch inspirierte Lösungsfindungen erkannt, wie z.B. eine Strohschraube mit minimiertem Materialverbrauch für das Demonstrationsgebäude „S-House“ (vgl. Drack, 2002). Weiteres wurde in der 1. Ausschreibung des „Haus der Zukunft Plus“ Programms neben dem vorliegenden Projekt noch die Grundlagenstudie *„BioSkin – Forschungspotenziale für bionisch inspirierte energieeffiziente Fassadentechnologien“* gefördert.

Auf die Potenziale der Bionikforschung wurden auch in den Programmlinie IMPULS im Rahmen der FTI-Automotivstrategie bzw. dem Strategieprogramm IV2Splus zum Thema ‚Bionik und Verkehrstechnologie‘ eingegangen. Die Bionik wird jedoch bis dato nicht explizit als eigenständiges Förderthema geführt.

Weiteres gab es 2006 eine erste Erhebung zum „Bionik-Potenzial in Österreich“ im Auftrag des BMVIT (Nentwich & Raab, 2006), welche 2010 mit der Erhebung laufender Bionik-Aktivitäten in Österreich ergänzt wurde (Gruber, Schreilechner, Blust, 2010). In der

Erhebung wurden als Bionikkompetenzträger zwei Bioniknetzwerke (Bionik Austria und Bionik Center of Excellence der TU Wien), drei außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, sieben Universitäten mit insgesamt 26 Instituten, acht Unternehmen im Produktionsbereich (2) und Dienstleistungsbereich (6) und drei Ausbildungseinrichtungen sowie zwei Aussteller erfasst. Die Auswertung dieser noch wenigen Akteure in Österreich hinsichtlich deren Anwendungsorientierung zeigte tendenziell einen Überhang der Schwerpunkte im Bereich der Grundlagenforschung und Bildung gegenüber dem Bereich Produktentwicklung. (vgl. Gruber, Schreilechner, Blust, 2010, S.15).

**Veranstaltungen, Ausstellungen und Aus-(Weiter)bildungen** - Seit dem Jahr 2000 fanden einige z.T. internationale Veranstaltungen mit explizitem Bionikschwerpunkt in Österreich statt. Beispielhaft sind hier eine von der ÖAMTC Akademie organisierte Tagung<sup>11</sup> zu nennen, ein Symposium zum Thema Holz und Bionik in Murau<sup>12</sup>, eine Sonderausstellung des naturhistorischen Museums<sup>13</sup> und am Ökopark Hartberg<sup>14</sup>, die Auftaktveranstaltung zur Gründung des Vereines Bionik Austria in Hartberg (Ökopark, November 2007), eine Diskussionsveranstaltung des Wirtschaftsressorts der Stadt Graz<sup>15</sup> im Jahr 2007, sowie zwei vom BMVIT initiierte Impulsveranstaltungen<sup>16</sup> im Technischen Museum und im Tierpark Schönbrunn. In Villach findet seit 2008 bi-annual das internationale bionik-A Symposium<sup>17</sup> statt, welches mit einer international hohen Beteiligung an Referenten große Beachtung fand.

Neben einzelnen Bildungsstätten, wie der Leonardo Volksschule in Hartberg oder der HTL Braunau wurde Bionik zumindest in Studiengängen des Campus Wels, der Fachhochschule Joanneum und seit 2010 im Studiengang Innovationsmanagement der Fachhochschule Campus02 in Graz gelehrt. In Linz wurde an der Universität für industrielle und künstlerische Gestaltung der Studiengang „Scionic“ (Kofferwort für Science und Bionik) eingerichtet. Am Technikum Wien, im Masterstudiengang Urbane Erneuerbare Energie, wird Bionik seit 2010 als Einführungsvorlesung mit integrierter Übung gehalten. Die FH Kärnten startete 2009 einen eigenen Masterstudiengang „Bionik/Biomimetics in Energy Systems“ in Villach, welche auch international bekannt ist und beworben wird (FH Kärnten, 2010).

**Bionik-Netzwerke** - Im universitären Bereich ist vor allem die BOKU Wien und die TU Wien zu nennen; letztere gründete 2008 das „Kooperationszentrum für Bionik/Biomimetics“ zur Bündelung der diesbezüglichen Forschungsaktivitäten der TU Wien (TU Wien, 2010). Hierin sind 22 Institute bzw. Departments (z.B.: Architektur und Raumplanung, Bauingenieurwesen, Elektrotechnik und Informationstechnik, Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, Mathematik und Geoinformatik, Physik und Technische Chemie) beteiligt.

---

<sup>11</sup> Tagung „Bionik – Das Patentamt der Natur“, Naturhistorisches Museum, Wien, November 2000

<sup>12</sup> Symposium „Holz+X“, Bionic Architecture, Murau, September 2001

<sup>13</sup> Wanderausstellung des Siemens-Forum, Naturhistorisches Museum Wien, Juni 2001

<sup>14</sup> Ausstellung „Bionik – die Weisheit der Natur“, 2002

<sup>15</sup> Club Zukunft, Wirtschaft Graz (Bionik- High Tech aus der Natur), 2007

<sup>16</sup> Tagung „Bionik und Verkehrstechnologie“, Technisches Museum Wien, April 2008 und „Bionik – BiologInnen und TechnikerInnen schauen sich über die Schulter“, Tiergarten Schönbrunn, September 2008

<sup>17</sup> Vgl. bionik-a Symposium [<http://www.bionik-a.at>, 14.03.2010]

2008 wurde in Österreich eine Initiative gestartet, um einen fachlich heterogenen Personenkreis für die Beziehung in Lösungsfindungsprozessen in der universitären, außeruniversitären und betrieblichen Forschung zu „akquirieren“. Es wurde ein formloses Netzwerk von österreichischen Forschern und Firmen im Bereich Bionikforschung gebildet. Daraus entstand der Verein „Bionik Austria e.V.“ (Mitglieder sind unter anderem auch ARCS, TUG, TUW, FH-Kärnten, Conti AG, etc.). Er sollte den Mitgliedern als Technologietransferplattform sowohl für den Know-how Transfer im Bereich „Science to Science“ als auch „Science to Business“ dienen. Die ca. 30 Mitglieder wurden vornehmlich bereits in der Studie des Institutes für Technologiefolgenabschätzung 2006 erkannt ((Nentwich & Raab, 2006)). Der Verein beteiligte sich auch an Treffen und Veranstaltungen des in Berlin gegründeten Biokon International. Seit 2010 sind aufgrund der fehlenden Finanzierung kaum mehr Aktivitäten des Vereins erkennbar. Im Rahmen des Strategiekonzeptes ‚Villach 2020‘ arbeitet hingegen Villach bereits an der Gründung des internationalen Bionik-Kompetenzzentrums *bionik<sup>um:austria</sup>* (*bionikum:austria*, 2012), um deren Aktivitäten zu Bionik und Energie stärker zu verankern.

**Aktuelle Bioniknetzwerks-Aktivitäten** - Neben den sich als Bioniker deklarierenden Expert/innen erkennt man zunehmend in diversen medialen Darstellungen von Forschungsleistungen einen bionisch inspirierten Themenzugang, zumindest jedoch die Erweiterung der obligaten Recherche vor Beginn einer Forschungsstätigkeit in Richtung Recherchen zu möglichen biologischen Vorbildern.

Bezüglich wissenschaftlicher Publikationen zur Bionik sei hier auf die bereits bei den Förderinitiativen erwähnte Dissertation von Manfred Drack zum Thema „Untersuchung biogener Materialien in Hinblick auf Prinzipien, die für eine umweltgerechte Produktgestaltung nutzbar sind“ (Drack, 2002) sowie auf die Dissertation von Petra Gruber zum Thema „Biomimetics in Architecture“ (Gruber, 2008) hingewiesen.

Am JOANNEUM RESEARCH beschäftigt sich der Schwerpunkt CREATIVE LAB seit 2007 mit der Generierung und Aufbereitung von Ideen durch Zusammenschluss fachlich heterogener Experten. Das Projekt wurde im Rahmen der Zielvereinbarung 2007/2008 mit dem BMVIT gefördert. Hierbei wurden beispielsweise durch Vernetzung von Biologen, Maschinenbauern und Physikern mehrere Patentideen generiert, welche in Folge bei Projekten der Angewandten F&E mit dem Ziel konkreter Produktentwicklungen näher beforscht werden sollen. JOANNEUM RESEARCH ist auch Vorstand des gegründeten Vereins Bionik Austria e.V., welcher genau diese Vorgehensweise der Zusammenführung von Expert/innen aus unterschiedlichsten Fachrichtungen, insbesondere auch aus technischen und nichttechnischen hat.

Seit 2010 ist jedoch ein deutlicher Motivationsverlust bei vielen – meist jungen – Forscher/innen, welche sich der Bionik verschrieben hatten, erkennbar. Im Gegensatz zu Deutschland gab und gibt es in Österreich keine Förderungen für einen Strukturaufbau oder einer Institutionalisierung der Forschungsszene. Auch deshalb nahmen zumindest die sichtbaren Bionik-Aktivitäten in jüngster Zeit dramatisch ab, bzw. hat sich z.B. der bereits als etabliert geglaubte Verein Bionik Austria de facto aufgelöst. Formal existiert noch eine Riege



von Kernmitgliedern, welche den Vorstand bilden, diese begegnen sich jedoch eher in diversen Sitzungen des internationalen BioKoN als in ihrer Funktion als Bionik Austria.

## Überblick über internationale Aktivitäten in der Bionik

---

Die Fachdisziplin Bionik erweist sich in zahlreichen europäischen Ländern, aber auch in Ostasien als ein emergentes thematisches Forschungsfeld, welches rasch an Bedeutung gewinnt. Initiativen im Bereich Bionik sind in den meisten europäischen Staaten Bottom-up entstanden und dabei derzeit noch wenig mit der Industrie vernetzt. Sind explizite Förderprogramme der öffentlichen Hand für Bionik vorhanden, so sind diese (zuerst) auf Strukturbildung ausgerichtet (Hartmann, 2008).

### **BioKoN (Bionik-Kompetenznetzwerk)**

Die international sichtbarsten Aktivitäten fanden und finden im Zusammenhang mit dem deutschen Bionik-Kompetenz-Netzwerk BLOKON<sup>18</sup> statt. Zwischen 2001 und 2007 wurde ein Netzwerk mit einem Fördervolumen von insgesamt ca. € 8,4 Mio aufgebaut. Vorrangiges Ziel des BLOKON ist die Bündelung der diversen Teilbereiche der deutschen Bionikszene, sowohl seitens der Universitäten als auch seitens Industrie, um mögliche Produktentwicklungen zu stimulieren. Die gemeinnützige Forschungsvereinigung vereinigt mehr als 80 Universitäten, Forschungsinstitute, Unternehmen und Einzelpersonlichkeiten an 30 Standorten.

Weitere explizit auf das Thema Bionik ausgerichtete deutsche Forschungsnetzwerke sind das Kompetenznetz Biomimetik<sup>19</sup> des Landes Baden-Württemberg (2003 gegründet) und „Bayonik - Bionik Netz Bayern“ (2007 aus Mitteln der „High Tech Offensive Zukunft Bayer“ gegründet), welche als Kontaktstelle zwischen Firmen und wissenschaftlichen Einrichtungen fungiert.

Der älteste Forschungsverein mit Bionikbezug ist die GTBB *Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik e.V.*<sup>20</sup>, welcher 1990 von dem deutschen Bionikpionier Prof. Nachtigall gegründet wurde und sich heute aus Mitgliedsbeiträgen und Spenden finanziert. Es ist zu erkennen, dass die Akteurslandschaft mit explizitem Bionikselbstverständnis bei genauerem Hinsehen sehr klein ist (nur Einzelpersonen an den jeweiligen Instituten). Es gibt auch hier Indizien dafür, dass der Kreis derer, die zeitweise bzw. rein pragmatisch-experimentell implizit Bionik betreiben viel größer ist. (vgl. Gleich, 2007, S.155)

In Großbritannien wurde 2002 das Netzwerk BIONIS *Biomimetics Network for Industrial Sustainability*<sup>21</sup> gegründet. Nach Auslaufen der Startförderung 2005 wurde das Netzwerk bis 2007 vom Mitglied „Founder of Swedish Biomimetics 3000® AB“ und wird nun seit 2007 (bis 2013) durch das 7. Rahmenprogramm finanziert.

---

<sup>18</sup> Bionik-Kompetenz-Netzwerk BLOKON [<http://www.biokon.net>, 12.06.2009]

<sup>19</sup> Vgl. Kompetenznetz Biomimetik [<http://www.kompetenznetz-biomimetik.de>, 12.06.2009]

<sup>20</sup> Vgl. GTBB Gesellschaft für Technische Biologie und Bionik e.V. [<http://www.gtbb.net>, 12.06.2009]

<sup>21</sup> Vgl. BIONIS Biomimetics Network for Industrial Sustainability [<http://www.reading.ac.uk/BIONIS/Funding.htm>, 12.06.2009]

In der Schweiz beschäftigen sich drei Gruppen sichtbar mit dem Thema Bionik: das Management Zentrum St. Gallen<sup>22</sup> mit kybernetischen Organisationsmodellen, der Fachbereich Bau- und Maschineningenieurwesen der EMPA<sup>23</sup> mit einzelnen Themen in der Materialforschung, sowie die Biorobotics Laboratory (BioRob) der EPFL<sup>24</sup> mit bionischer Sensomotorik und Bewegungskontrolle. Es gibt jedoch in der Schweiz keine expliziten Förderprogramme für Bionik.

Weiteres konnten in Europa einzelne, meist maschinenbauorientierte (Robotik, Micro Air Vehicle, Computer Vision Smart Materials) Projektinitiativen und Forschungsplattformen in Dänemark, Griechenland, Niederlanden, Frankreich und Italien identifiziert werden.

In Europa kommen die verschiedenen Akteure aus den unterschiedlichsten Disziplinen, es lassen sich mittels Literatur und Patentrecherchen keine fachlichen Schwerpunkte beobachten.

Bezüglich der Forschungsförderung ist für Europa mit Stand 2008 generell zu sagen, dass die Bionik auf der europäischen Ebene der Technologiepolitik als Thema nur implizit angesprochen wird (was aus dem Querschnittscharakter des Forschungsfeldes zu erklären ist), es gab zum besagten Zeitpunkt keine expliziten Programme und Initiativen.

Sehr zahlreiche, jedoch schwer recherchierbare Initiativen finden sich in den Vereinigten Staaten (z.B. NASA – Jet Propulsion Laboratory), in Australien (z.B. CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation mit Schwerpunkt auf Membranentwicklungen und Energiegewinnung über Meeresströmung) oder in Japan, wobei hier neben zwei Center of Excellence mit Bionikschwerpunkt („Nature“CEO der Nagoya University, „Biomimetic Research Center der Doshisha University) vor allem die Robotikforschung mit bionikrelevanten Themen, wie Schwarmintelligenz, Bio-Computing, humanoide Lokomotion, Neuronale Netze etc.) auffällt. Insbesondere befassen sich auch Automobilkonzerne, wie Toyota und Honda explizit mit Bionik. Auch hier gilt, dass häufig eine bionikbezogene Herangehensweise nicht recherchierbar ist, da sie nicht deklariert wird, oder auch – wie im Falle der japanischen „Volkskunst“ Origami - die Beobachtung und Nachahmung natürlicher Vorbilder historisch etablierter und selbstverständlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema Faltung ist.

#### „Baubionik“ – Potenziale und Stand der Forschung in der Bionik

---

Eine klare Definition für „Baubionik“ im Vergleich zu anderen Teilgebieten der Bionik lässt sich aus der Literatur nicht festmachen. Vielmehr wird das breite Feld der Bionik in einigen Darstellungen rein pragmatisch in verschiedene Anwendungen geteilt. Der Teilbereich Baubionik nutzt dabei die Lösungen aus den anderen Teilgebieten mit dem Fokus auf einer möglichen Anwendung in der Bautechnik oder der Architektur.

---

<sup>22</sup> Vgl: Malik – Management Zentrum St. Gallen [<http://www.malik-management.com/de>, 12.06.2009]

<sup>23</sup> Vgl. EMPA – Biomimetik [[http://www.empa.ch/plugin/template/empa\\*/106990](http://www.empa.ch/plugin/template/empa*/106990), 12.06.2009]

<sup>24</sup> Vgl. EPFL – Biorobotics Laboratory (BioRob) [<http://biorob.epfl.ch/>, 12.06.2009]

Prof. Dr. Thomas Speck, Leiter der wissenschaftlichen Bionik-Arbeitsgruppe *Plant Biomechanics Group* des Botanischen Gartens Freiburg, unterscheidet die Fachbereiche der Bionik in rund 10 Disziplinen, welche einander ergänzen oder überschneiden (Plant Biomechanics Group, 2010). Dabei profitiert der Bereich „Architektur und Design“ von den anderen Fachbereichen. Dieser Bereich könnte als „Baubionik“ gelten.

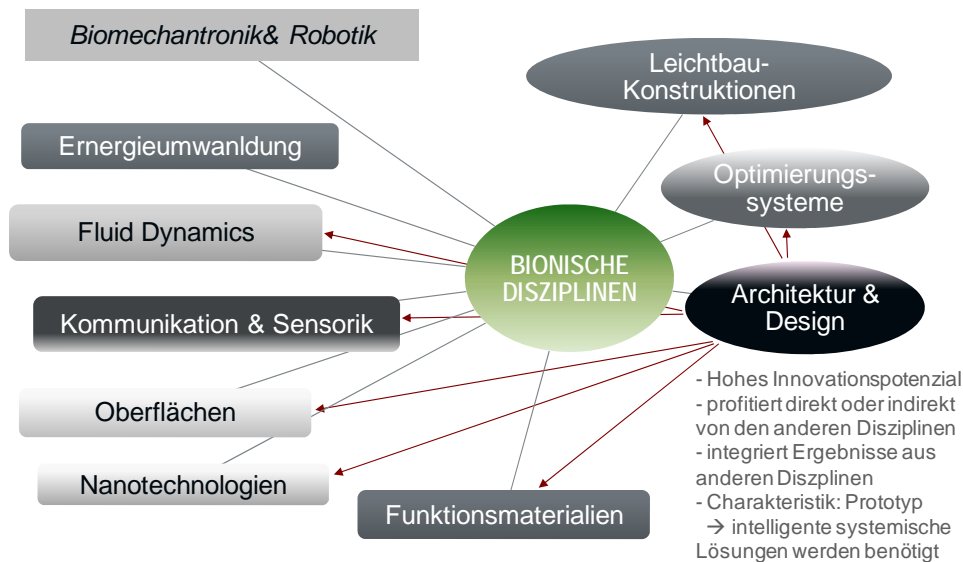


Abbildung 6: Bionische Potenzialfelder für Baubionik Potenziale - Fachdisziplinen nach Prof. Speck, Universität Freiburg. Grafik wurde abgeleitet aus: Publikationen der Biomechanics Group Freiburg, Kompetenzzentrum Biomimetik (<http://www.biologie.uni-freiburg.de/biomimetik>)

Diese Einteilung deckt sich auch teilweise mit den Arbeitsgruppen der internationalen Vereinigung *BIOKON Internationala*<sup>25</sup>, welche die Forschungsaktivitäten in 12 Arbeitsgruppen unterteilt: „Architecture & Design“, „Bio-inspired materials, self-x-mechanisms“, „Complex biological systems, system integration and organisation“, „Energy Systems“, „Fluid dynamics“, „Functional surfaces“, „Molecular, biochemical biomimetics & biotechnology“, „Robotics, motion systems, artificial intelligence“, „Sensors & signal processing“, „Lightweight structures“, „Organisation & management“ und „Education & training“. An den Beispielen der über die Website des Bionik-Kompetenz-Netzwerkes bzw. über den deutschen Bionikverein BIOKON veröffentlichten Forschungsthemen zeigt sich, dass die derzeitigen Forschungsprojekte der Teilbereiche sehr häufig einen Energiebezug (Reibungsminimierung, Leichtbau, Strömungsoptimierung, verbesserter Regelung der Energieverbrauch von Aktuatoren, bewegten Teilen oder Strömungsmedien) haben.

Im Vorwort zum 2003 erschienenen Fachbuch „Bau-Bionik“ erklärt Prof. Nachtigall, dass die Bau- und Architekturbionik „in den Abschnitt Konstruktionsbionik und ein wenig auch unter Verfahrensbionik einzuordnen“ sei (vgl. Nachtigall, 2003). Dabei wird letztendlich der Bereich „Baubionik“ in „Konstruktionsbionik“ (z.B. Leichtbau), „Verfahrensbionik“ (z.B. Regelung und Steuerung von dynamischen Prozessen), „Strukturbionik“ (z.B. Nanostrukturen) und „Klima-/Energetobionik“ (z.B. Passive Lüftung) unterteilt.

<sup>25</sup> Arbeitsgruppen des Internationalen Kompetenznetzwerks BioKoN [Download: <http://www.biokon-international.com/working.html>, am 12.06.2009]

Eine genauere Abgrenzung der Baubionik zur allgemeinen Bionik ist insofern schwierig, da die grundlegende Intention von evolvierenden Objekten sowohl in der Natur als auch in der Technik die eigene Optimierung ist. Dematerialisierung bzw. materialschonender Leichtbau oder der effiziente Umgang mit Energie sind Aspekte jeder Optimierung von materialisierten Gegenständen und nicht nur für den Baubereich spezifisch. Andererseits ist es typisch für die Vorgehensweise von Bioniker/innen, möglichst viele verschiedene fachliche Zugänge zu „probieren“. So könnte sich auch in Zukunft z.B. der Einsatz künstlicher Intelligenz bzw. bionischer Methoden im Zusammenhang mit der Planung aber auch operativen Steuerung und Betriebsoptimierung von Gebäuden, insbesondere in der Heizungs- und Klimatechnik als zielführend erweisen und letztlich als wesentlicher Bestandteil einer Baubionik angesehen werden.

Dennoch werden im Zusammenhang mit Bionik und Bautechnik/Architektur meist der Trend zum Leichtbau (Entwicklung hochfester Betontypen, Verbundwerkstoffe, funktionelle Steifigkeit), die Effizienzsteigerung zum Energieverbrauch beim Heizen und Kühlen (konstruktive Lösungen zum Luftaustausch, kaskadische Energienutzung, Rekuperation, designte Wärmekapazitäten z.B. mittels sogenannter Phase Change Materials) und wandelbare multifunktionale Strukturen (für Nutzungsanpassungen, wie zur rein technischen Anpassung an wechselnde physikalische Anforderungen, wie Windlasten etc.) genannt.

Obwohl gerade biologische Vorbilder typischerweise multikriterielle Ziele verfolgen, lassen sich dennoch zur gedanklichen Vereinfachung meist diese Ziele auf ein einziges zu erreichendes Faktum begrenzen. So dient der Leichtbau letztlich nicht der stofflichen Ressourcenschonung, sondern ist Bestandteil der Energieminimierung, da die Produktion aber auch der gesamte Aufwand im Zusammenhang mit der Herstellung und Manipulation des Materials entlang des Lebenszyklus sich direkt in einen Energieverbrauch umrechnen lässt. Andererseits könnte beispielsweise auch jegliches energiebezogene Ziel mittels einer stoffbezogenen Kennzahl, wie der CO<sub>2</sub>-Reduktion ausgedrückt werden. Somit darf für alle folgenden Betrachtungen eine Konvergenz der Ziele zum Leichtbau, zur Energieeffizienz und zur Anpassungsfähigkeit von Gebäuden in Richtung Energieminimierung des jeweiligen übergeordneten Systems unterstellt werden.

Durch die Sichtung von Bionik-Fachliteratur aus den benannten Quellen als auch durch die Zusammenstellung eines Vortrags des international renommierten Bionikers Prof. Dr. Helmut Tributsch anlässlich des 1. ExpertInnen-Workshops im Projekt Baubionik Potenziale wurden folgende Energiestrategien der Natur erhoben, zu welchen auch konkrete Lösungsansätze im Laufe des Austausches in den Vernetzungsworkshops gesucht wurden:

- Optimierung und Adaption von Größen-Volumenverhältnissen (Ökogeografische Merkmalsregeln)
- Selektive Wärmeübertragung (selektive Strahlungsabsorption, Wärmeübergänge und –durchgänge, Transparente Dämmung, ökogeografische Merkmalsregeln)

- Nutzung von Thermoregulation, wie z.B. Phasenwechsel, Luftdruckdifferenzen, etc. (Verdunstungskälte, Windströmungen im Termitenbau, Kamineffekt, Schwitzen)
- Wärmerekuperation (Wärmetausch von rückströmendem Blut)
- Optimierte Geometrie und Orientierung (Blattstellungen, etc.)
- Verhaltensanpassung (Änderung der Körperform, des Aufenthaltsortes, etc.)
- Nutzung chemischer Prozesse (Muskelzittern, Photosynthese, etc.)

### Erhebung von bionischen Produkten und Projekten

---

Im Zuge der Ideenentwicklungen in den Expert/innen-Workshops, den nachfolgenden Recherchen und den Interviews bzgl. Machbarkeit und etwaiger existenter F&E Arbeiten zu den Ideen, wurde eine Sammlung an bionischen Produkten und Projekten erstellt und in sogenannte Technologiereports zusammengefasst. Diese Sammlung dient als Informations- und Inspirationsbasis bei der Weiterentwicklung von bionischen Anwendungspotenzialen für Plus-Energie Gebäude im Rahmen der Workshops und der direkten Projektanbahnungen.

Weiteres wurde die Sammlung auch anderen F&E-Projekten im Förderprogramm „Haus der ZukunftPlus“ zur Verfügung gestellt. So wurden z.B. im Rahmen des Technologiescreenings im HdZ Projekt *FUTUREbase* Daten aus der Erhebung verwendet, um die Potenziale der Bionik für ein konkretes Plus-Energie-Bauvorhaben zugänglich zu machen (Preisler et al, 2012). Die Liste und die Technologiereports sind im Kapitel 3.3.2 zu finden bzw. als Annex 2.

### 3.1.3 [Aktion] Identifikation von Themenfelder

Ziel der ersten Projektphase im Projekt war, basierend auf Recherchen zum „Bauen der Zukunft“ (siehe 3.1.1) sowie einem ergänzenden Brainstorming zu den Themenkomplexen ‚Umwelt und Ressourcen‘, ‚Mensch und Kultur‘, ‚Energienutzung‘ und ‚Umsetzung‘, eine ‚Themen-Mindmap‘ an Fragestellungen zu entwickeln. Diese sollen die Thematik „Bauen der Zukunft“ mit Potenzialen der Bionik in Verbindung setzen und so den Expertinnen und Experten eine Diskussionsbasis für die Entwicklung neuer Ansätze bieten.

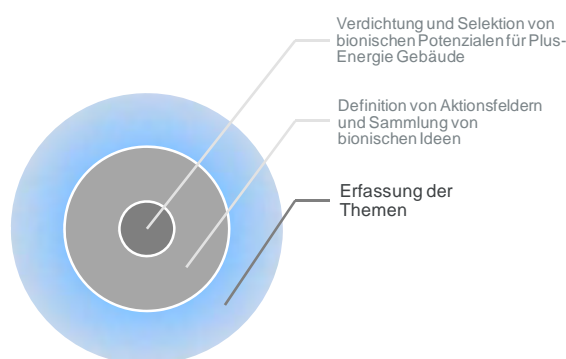


Abbildung 7: Projektphase 1 - Erfassung der Themenvielfalt für die Vernetzungsworkshops

Dabei wurden folgende Ziele verfolgt:

- Themenfindung & -analyse zu Ausgangsszenarien, Problemstellungen, Trends, Analogien, etc. auf Basis von Literaturrecherchen und internen Brainstormings → Erstentwurf von Fragestellungen
- Formulierung von Grundfragen aus Expert/innen-Interviews und -Befragungen als Ergänzung zu den Recherchen
- Zusammenfassung von ähnlichen Fragestellungen zu Cluster und Zuordnung zu übergeordneten Themenfeldern → Themen-Mindmap (siehe Abbildung 8)
- Durchführung der Expert/innen-Befragungen vor den Workshops, um Themen-Mindmap zu ergänzen → Finale Version einer losen Ideensammlung, Stufe 1 = „Themen-Mindmap“ (siehe Abbildung 9)
- Zuordnung der Themenfelder zu den Expert/innen-Sets → Workshopstruktur und Vernetzungsmodell

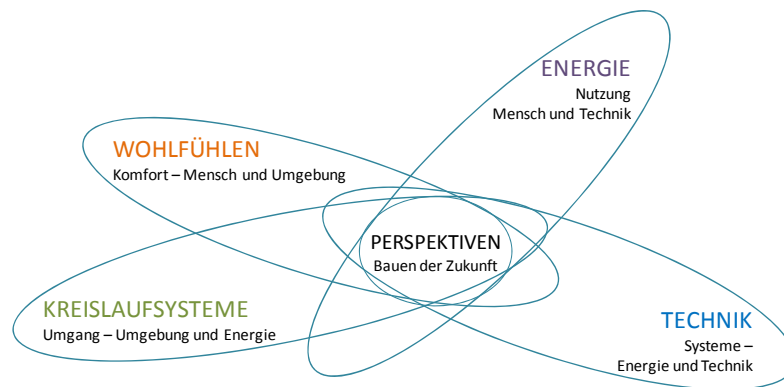


Abbildung 8: Vier Themenfelder als Leitstruktur für Ideenfindung [Quelle: eigene Abbildung]

Es wurde bereits während der Vorbereitungsphase und der ersten Expert/innen-Befragungen absehbar, dass die komplexe Themenvielfalt rund um das „Bauen der Zukunft“ und „Bionik“ nur durch den direkten Austausch mit den Expert/innen (im Rahmen der Expert/innen-Workshops) beleuchtet werden kann. Um eine hohe Innovationsvielfalt zu erreichen und etwaige Potenziale nicht zu früh herauszufiltern, ist die Konfrontation von Fachwissen unterschiedlichster Disziplinen unumgänglich. Daher wurde die Themen-Landkarte möglichst offen gehalten und während der Projektlaufzeit im Rahmen der Expert/innen-Workshops sowie der Web-Plattform verdichtet bzw. brisante Potenziale in Bezug auf die Bionik selektiert.

**Methodik** - Es erfolgten mehrere Brainstormings und Interviews mit Expertinnen und Experten, um jenen Themen, welche aus der vorangegangenen Literaturrecherche erfasst wurden, zu ergänzen. Die Aufbereitung von möglichen Querschnitten und Trends bzw. bereits bekannten Verbindungen zu anderen Fachbereichen und Industriezweigen, insbesondere zur Bionik, bildeten dabei den Rahmen. Parallel dazu wurden kontinuierlich Expertinnen und Experten gesucht, die zur Diskussion und Erfassung von innovativen Ideen beitragen könnten. Die Suche startete zu Beginn mit einer Liste der Projektbeteiligten und der Mitglieder von Bionik Austria und erweiterte sich durch die Interviews mit den Beteiligten auf weitere Personen. Daraus entstand eine Liste an Expert/innen und Kompetenzbereichen, welche auch den Ausgangspunkt für den ersten Workshop in Phase 2 bildete.

## Expert/innen Statements durch Interviews in der Vorbereitungsphase

Die interviewten Expertinnen und Experten wurden zu den Themen und den Optionen der Vernetzung, sowie nach deren fachlichen (auch bionikbezogenen) Schwerpunkten und Intentionen befragt.

Von den Expert/innen wurden u.a. Statements zu folgenden Fragen eingeholt:

- allgemeinen Grundfragen und Themenkreise im Bezug auf Bauen und Nachhaltigkeit,
- Weiterentwicklungen des jeweils eigenen Kernkompetenzbereiches und
- darin erkennbare Trends
- Einschätzung der Nutzbarkeit der Bionik bzw. der Bedeutung des Projektvorhabens

Es wurde insbesondere versucht, das Potenzial und die Motivation zur Vernetzung der jeweils eigenen Expertise mit fremden Fachexpertisen zu berücksichtigen. Somit orientierte sich das Screening an der erkennbaren Diversität der Publikationen, Projektbeteiligungen und Empfehlungen von Interviewpartnern, und weniger an Qualifikationskriterien, wie Impactpunkte etc.

Tabelle 1: Auszug aus den Statements von Expert/innen im Rahmen der Interviews

STATEMENTS VON EXPERT/INNEN ZU „GEBÄUDE DER ZUKUNFT“	HERAUSFORDERUNG BZW. IDEEN FÜR ZUKUNFT
Energiepolitik verändern – z.B. Richtung 2000-Watt-Gesellschaft: Jeder Mensch hat gleich viel Energie zur Verfügung (lokale Ressourcen nutzen, kommunales Verständnis aufbauen)	Grenzen schaffen Freiheit: Wie stellt man Energie lokal 100% bereit? Wieviel ist nötig?
Cradle2Cradle-Prinzip: Kreislauf-Wiederverwertung ist wichtig.	Wie verbindet man soziogesellschaftliche Zukunftsperspektiven mit architektonischen Aufgaben? Untersuchung neuer Konzepte.
Industrialisierungsgrad (Vorfertigungsgrad) ist sehr gering, dieser muss steigen.	Bauprozessanalyse: Wie entsteht ein Gebäude? Wie kann man Industrialisierung vorantreiben?
Stärkere Orientierung an der Natur (Konzepte des Wachstums auf technische Produkte übertragen).	Entwicklung von bionischen Produkten stärken (z.B. Selbsttätige Heilung von Materialdefekten, Informationsübertragung in Bauteilen (chem. Transmittersysteme), Smarte recycelbare Materialien)
Paradigmenwechsel: Nutzer/innen nicht erziehen, sondern verstehen lernen. Nutzungsregeln neu gestalten. Ziele müssen nach Möglichkeiten, nicht Wahrscheinlichkeiten definiert werden.	Z.B. bei verdichtetem Bauen: Gestaltung so, dass von Gesellschaft tatsächlich akzeptiert wird (Mobilität, Raumverteilung & -nutzung, Kommunikation).
Gebäude mit einem virtuell erweiterten Lebensraum, der über AAL-Funktionen gesteuert wird. Entwicklung digitaler Repräsentanten von Nutzer.	Gibt es eine steuerbare Wechselwirkung zwischen dem Bauwerk und dem vegetativen System (z.B. die Lichtsteuerung muss an den menschlichen Tagesrhythmus angepasst werden)?
Gebäude spielt eine wichtige Rolle im Netz_ Ideale Einbindung ins Energienetz wichtig	Künstliche Intelligenz, Abläufe biologischer Ökosysteme und Energieflüsse (Nutzung, zeitlicher Einsatz, Speicherung, etc.) mimen?!

Die große Herausforderung ist die schnelle Umsetzung der Konzepte, da Bauen langlebig ist. Investitionen in existierenden Bestand sind teuer.	Prozessentwicklung in Abhängigkeit der tatsächlichen Lebensdauer / gewünschten Lebensdauer von Produkten/Komponenten
Das Gebäude als Kraftwerk. Unter Energieeffizienz fällt auch der Stoffkreislauf (Wasser).	Das Gebäude als Stoffwechselgebilde mit zyklischen Prozessen.
Niedrigenergiestandard ist guter Ansatz - es fehlt aber an Anreizen und es gibt zu viele bürokratische Hürden	Bestandsaufnahme Altbauten: Wo müssten Aktionen gesetzt werden (Google Streetview mit IR-Kamera); Energieverschwenden teurer machen
Energieoptimiertes Bauen muss auf Low-Tech-Lösungen konzentrieren. Heutige Haustechnik ist problematisch (wartungs- und kostenintensiv, komplex)	Integration von Funktion Klimatechnik und Baustoffe
Bauen der Zukunft ohne oder mit minimalster aktiver Steuerung und Technik. Adaptive intelligente Baukonstruktion übernimmt Haustechnikfunktion.	Gebäudekonstruktion/-struktur, die intelligent und selbstregulierend funktioniert.
Menschenwürdige Gebäude: Mensch und dessen Bedürfnisse mehr ins Zentrum rücken. Ziel ist Low-Tech-Gebäude (ohne Haustechnik).	Material und Funktionen des Bauwerks selbst übernehmen haustechnische Aufgaben.

### 3.1.4 [Ergebnis] Fragestellungen als Vorbereitung zur Vernetzung

Wesentlich bei der späteren Potenzialidentifikation nach möglichen Anknüpfungspunkten zwischen Plus-Energie Gebäudethemen und der Bionik war, eine möglichst offene Diskussionsbasis zu schaffen. In dieser Phase galt es daher, Fragestellungen unabhängig vom bionischen Potenzial zu suchen, bei welchen jedoch von den teilnehmenden Expertinnen und Experten Potenziale zur Verbesserung des Bauens erwartet wurden. Die Fragen waren daher allgemeiner Natur, wie z.B.: *Wie kann das Gebäude/die Wohnfunktion in Zukunft so gestaltet werden, dass ein positiver Energieertrag erreicht wird?* Es sollte dabei ein möglichst offenes Spektrum an Themen für die Ideenfindung in der 2. Projektphase geschaffen werden, damit unerkannte Potenziale nicht im Vorhinein ausgeschlossen werden.

Basierend auf dem Brainstorming und den Interviewergebnissen wurde daher als Vorbereitung zum ersten Expert/innen-Workshop ein grobes Klassifikations- und Einteilungsschema hinsichtlich Bedürfnisdefinitionen, Wechselbeziehungen zwischen Gebäuden, Umwelt und Mensch, oder technologischen Rahmenbedingungen entwickelt – diese Einteilung wurde nachträglich auch auf die Recherchen angewendet (vgl. Abbildung 4).

Die 4 Themenkreise der Recherche wurden für aufgrund des Feedback bei den Expert/innen-Interviews noch weiter verallgemeinert: „Mensch und Kultur“ in „WOHLFÜHLEN“, „Umwelt und Ressourcen“ in „KREISLAUFSYSTEME“, „Energienutzung“ in „ENERGIEFORMEN“ und „Umsetzung“ in „ENERGIETECHNIK“. Die Themen-Mindmap folgte dieser Aufteilung (siehe Abbildung 9, Annex 1).



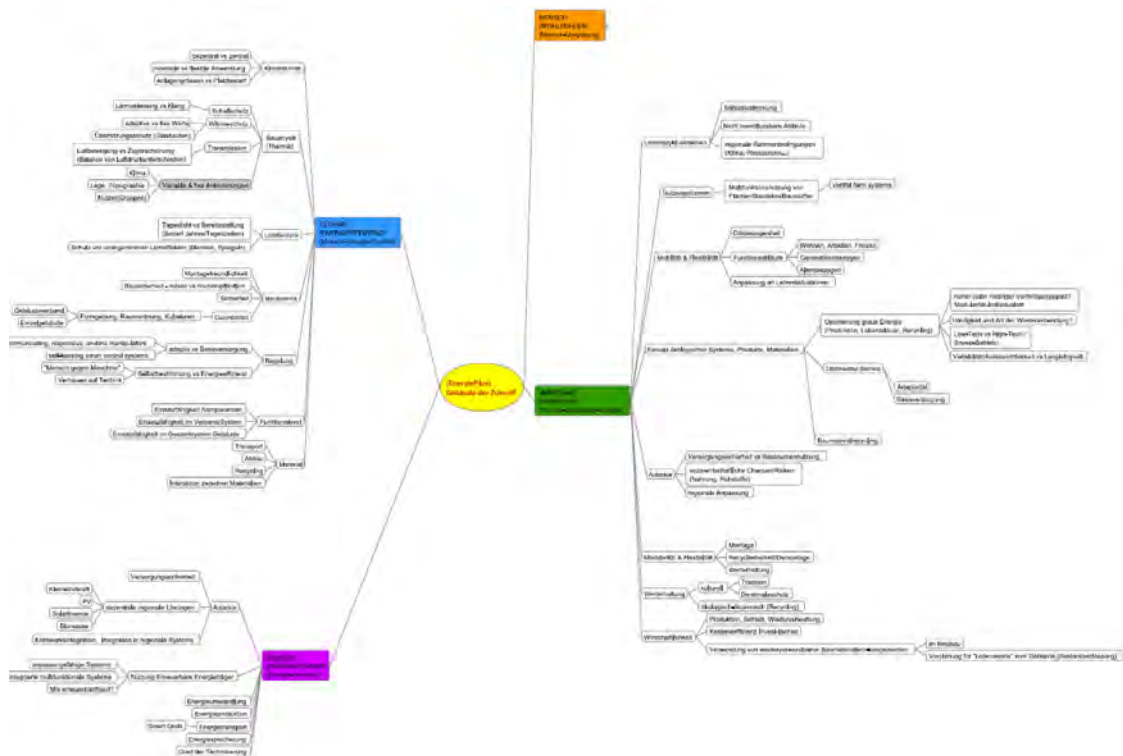


Abbildung 9: Brainstorming zu Bauen der Zukunft (Basis für Interviews, Annex 1: Themen-Mindmap)

Die folgenden Listen zeigen die gesammelten Ideen aus den Interviews, dem Brainstorming und der Recherchen für das „Gebäude der Zukunft“.

**Themenfeld „WOHLFÜHLEN“**

<p><u>Anpassungsfähigkeit</u>          Lebensabschnitte/Phasen, akute          Bedürfnisanpassung, Selbstbestimmung          (Individualität vs Identität)</p>	<p><u>Bedürfnisse [beeinflussbar vs unbeeinflussbar]</u>          Soziale &amp; kulturelle regionale Bedingungen,          Physiologische Behaglichkeit (visuell, thermisch,          hygienisch), psychologische stimmungsbezogene          Behaglichkeit, klimatisch-regionale Wahrnehmung,          ästhetische Wahrnehmung (individuell vs          gemeinschaftlich, temporär vs zeitlos)</p>
<p><u>Bedürfnisse [beeinflussbar vs unbeeinflussbar]</u>          Soziale &amp; kulturelle regionale Bedingungen,          Physiologische Behaglichkeit (visuell,          thermisch, hygienisch), psychologische          stimmungsbezogene Behaglichkeit,          klimatisch-regionale Wahrnehmung,          ästhetische Wahrnehmung (individuell vs          gemeinschaftlich, temporär vs zeitlos)</p>	<p><u>Ort, Raumgefüge</u>          Lokale Situationsbedingungen (Lokalklima,          Topographie, städtische/ländliche Lage,...) ,          Schwellenbereiche (öffentlich-privat), Intimität,          Nutzungsfelder (Raumnutzung, Funktionsabläufe),          Flexibilität , Gestaltung (architektonischer Ausdruck          ,soziokultureller Ausdruck ,funktionaler Ausdruck)</p>
<p><u>Soziale Interaktion</u>          Imagebildung nach außen (Statussymbole,          gesell. Konventionen), Erlebbarkeit der          Umgebung (Kommunikation), Individualität-          Identität</p>	<p><u>Schutz (Schnittstelle innen-außen)</u>          Klima, Sicherheit, Intimität</p>

### Themenfeld „ENERGIEFORMEN“

<u>Autarkie</u> Versorgungssicherheit, dezentrale regionale Lösungen, Kraftwerksintegration, Integration in regionale Systeme	<u>Nutzung Erneuerbare Energieträger</u> anpassungsfähige Systeme, integrierte multifunktionale Systeme
→ Energieprozesse Umwandlung, Transport, Speicherung	

### Themenfeld „ENERGIETECHNIK“

<u>Klimatechnik</u> dezentral vs zentral, minimale vs flexible Anwendung, Anlagengröße vs Platzbedarf	<u>Bauphysik [Thermik]</u> Schallschutz (Lärmbelastung vs Klang), Wärmeschutz (adaptive vs fixe Werte), Transmission (Luftbewegung vs Zegerscheinung - Balance von Luftdruck), variable & fixe Anforderungen (Klima, Lage, Topographie, Nutzertypologie)
<u>Lichttechnik</u> Tageslicht vs Bereitstellung (Bedarf Jahres/Tageszeiten)	<u>Bautechnik</u> Montagefreundlichkeit, Bausicherheit - robust vs hochempfindlich, Sicherheit, Geometrien (Formgebung, Raumordnung, Kubaturen)
<u>Regelung</u> adaptive vs statische (responsive, on-time manipulators; self-learning control systems), Selbstbestimmung vs Energieeffizienz	<u>Funktionslevel</u> Einsatzfähigkeit Komponenten, Einsatzfähigkeit im Verband/System, Einsatzfähigkeit im Gesamtsystem Gebäude

### Themenfeld „KREISLAUFSYSTEME“

<u>Lebenszyklus - Randbedingungen</u> Selbstbestimmung, nicht beeinflussbare Abläufe, regionale Rahmenbedingungen (Klima, Ressourcen...)	<u>Nutzungsformen</u> Multifunktionsnutzung von Flächen/Bauteilen/Baustoffen (z.B. vertical farming)
<u>Mobilität &amp; Flexibilität</u> Ortsbezogenheit, Funktionsabläufe (Wohnen, Arbeiten, Freizeit, generationsbezogen)	<u>Einsatz ökologischer Systeme, Produkte, Materialien</u> Graue Energie von Produktion; Lebensdauer; Recycling (hoher / niedriger Vorfertigungsgrad, Serienfertigung/Sonderanfertigung, Häufigkeit und Art der Wiederverwertung, Low-Tech vs High-Tech, Rentabilität, Invest-Betrieb und Variabilität/Austauschbarkeit vs Langlebigkeit), Optimierter Betrieb (Adaptivität, Basisversorgung)
<u>Autarkie</u> Versorgungssicherheit vs Ressourcennutzung, soziowirtschaftliche Chancen/Risiken (Nahrung, Rohstoffe), regionale Anpassung	<u>Modularität &amp; Flexibilität</u> Montage, Recyclierbarkeit/Demontage, Werterhaltung
<u>Walterhaltung</u> kulturell (Denkmalsschutz), ökologisch-ökonomisch (Recycling)	<u>Wirtschaftlichkeit</u> Produktion, Betrieb, Wiederverwertung, Kosteneffizienz, Invest-Betrieb

Die 4 Themenfelder sind noch ohne Bewertung von Prioritäten und ohne Potenzialschätzung bezüglich möglicher bionischer Schlüsseltechnologien. Dennoch kristallisierten sich bei der Erarbeitung der Themenfelder bereits potenzielle Aufgabenbereiche für die Bionik heraus, welche in den Vernetzungsworkshops diskutiert wurden.

Die aufbereiteten Fragestellungen wurden in einem weiteren Schritt vertieften Recherchen zur Wissensdisziplin Bionik gegenübergestellt, um Schnittstellen identifizieren zu können.

### 3.2 „Handlungsspielräume ermöglichen“ – Transdisziplinäre Vernetzung



Ein wesentlicher Gegenstand des Projektes ist die Vernetzung von ausgewählten Expert/innen, bzw. die Wahl und Betreuung eines Netzwerkes, um mithilfe weiterer „Tools“ innerhalb dieses Personenkreises Forschungsthemen und Schlüsseltechnologien zu identifizieren und konkrete Forschungsprojektkonzepte zu generieren.

In der Bionik ist ein Expert/innennetzwerk unbedingte Voraussetzung für die Akquise und kreative Verknüpfung von Wissen.

Gerade für den bionikbezogenen Wissenstransfer ist neben dem Zugriff auf technische Forschungspublikationen und Patenten auch ein Zugriff auf „Patente ohne Technizität“ vorteilhaft. Dies ist bis dato nur über ein Netzwerk von Forscher/innen zu bewerkstelligen, um das „Book of Blueprints“ der Natur optimal zu erschließen (vgl. Hartmann et al, 2008, S.33).

Die Entwicklung von Vernetzungsmethoden stellt ein prozedurales Ziel zur Erhöhung der Anzahl und Qualität von Problemlösungen als Ergebnisziel in zukünftigen größeren Technologietransferprojekten dar.

#### 3.2.1 [Review] Methodische Herausforderungen und Methodenanalyse

Die Projektziele beinhalten eine Vernetzung von relevanten Expert/innen sowie die Entwicklung von Gestaltungshinweisen zu den Methoden der Ideengenerierung für ausgeprägt fachlich-heterogene Teams im Zuge der Themenfindungen für Technologietransferprojekte. Hierzu sind Vorgehensweisen und Tools zu recherchieren, zu testen und weiterzuentwickeln, welche insbesondere die zum klassischen

Technologietransfer komplementären und ergänzenden Aktivitäten (Themenhinterfragung aus forschungsstrategischer und branchenübergreifender Sicht und Suche nach nicht nachgefragten Lösungen mit fachlich heterogenen Expert/innen unterstützen.

Bezogen auf den Prozess der Ideenentwicklung wurden folgende Punkte geplant und evaluiert:

- Netzwerkbildung durch Expertensuche, -auswahl und –setting für die Workshops
- Themen-, Ideenfindungsprozess:
  - Organisation und Ablaufgestaltung der Workshops, bzw. Auswahl und Reihenfolge des Methodeneinsatzes
  - Auswahl, Adaptierung und Einsatz einzelner Methoden
- Strukturierungen und Darstellungen von Fragestellungen und Ergebnissen

Die Evaluierung obiger Punkte soll zu Hinweisen für die Gestaltung ähnlicher zukünftiger Projekte führen und Gestaltungsgrundsätze für mögliche Idealprozesse in jenen Bereichen der Technologietransferarbeit liefern, welche Projektideenentwicklungen in fachlich heterogenen Teams anstreben.

Die eingesetzten Methoden hatten den Anspruch, der Bewältigung folgender Herausforderung so gut als möglich zu dienen:

- a) Finden und Auswahl der „richtigen“ (vornehmlich österreichischen) Expert/innen, welche sowohl fachlich, bzw. aufgrund ihres Projekterfahrungshintergrundes in interdisziplinären Themen im Bereich Architektur und Bau, als auch hinsichtlich ihrer Forschungsinteressen in Frage kommen.
- b) Erarbeitung eines pragmatischen Klassifikations- und Einteilungsschemas hinsichtlich Bedürfnisdefinitionen, Wechselbeziehungen zwischen Gebäuden, Umwelt und Mensch, und Technologischen Rahmenbedingungen für die Gliederung und Startpräsentation einer komplexen Themenwolke im Zusammenhang mit Plus-Energiegebäuden und adaptiv-reagierenden Gebäudetechnologien derart, dass alle Experten mit unterschiedlichen Vorwissen und Vorerfahrungen damit arbeiten können.
- c) Die Vernetzung der Expert/innen selbst, also von Personen mit tendenziell nicht eindeutigen fachlichen Berührungspunkten derart, dass eine Motivation zur gemeinsamen Ideenentwicklung und Kooperation bezüglich Projektentwicklungen entsteht.
- d) Letztlich auch die Generierung innovativer Produkt- und Projektideen, bzw. die Identifikation innovativer und speziell für die Kooperation von Österreichischen Expert/innen prädestinierter F&E-Potenziale und Themen. Weiteres die Strukturierung und Darlegung für die weitere Bearbeitung, wobei der Fokus auf Null-CO<sub>2</sub>-Emission und Plus-Energie Gebäude, auf adaptiv-reagierende

Gebäudetechnologien und bionische integrativen Energiesysteme für Gebäudehüllen nicht verloren werden durfte.

#### Erfolgskriterien für Wissen-Netzwerke

---

Ein Netzwerk ist ein System gegenseitiger Interessen und Nutzen und stellt ein „Soziales Kapital“ nach Coleman, J. dar (vgl. Jansen, 1999, S.99). Win-win-Situationen können nur geschaffen werden, wenn die Akteure des Netzwerkes den gewünschten Nutzen mit dem Investitionsniveau erreichen, dass sie bereit sind, einzubringen. Akteure haben jedoch im Alltag nur eingeschränkte Kapazitäten für die Beziehungsarbeit, welche dem Aufbau des Kapitals entgegensteht.

Netzwerke zeichnen sich durch gemeinsame Intention, die Personenorientierung, das Prinzip der Unabhängigkeit und Freiwilligkeit und durch das Tauschprinzip aus. Das Schaffen personaler Netzwerke ist nicht nur zur Lösung persönlicher Probleme hilfreich, sondern kompensiert auch institutionelle Defizite. Unsichere oder fehlende institutionelle Ressourcen werden durch persönliche Beziehungen ersetzt. (Bienzle et al., 2007, S.11f)

Der Nutzen kann persönlicher oder institutioneller Art sein. Die Forschung hat jedoch gezeigt, dass institutionelle win-win-Situationen auf lange Sicht für den Erfolg eines Netzwerkes bedeutsamer sind. (Bienzle et al, 2007, S.71)

Der Kern des Vereines Bionik Austria entstand beispielsweise durch informelle Beziehungen. Kennzeichen informeller Beziehungen ist, dass diese Interaktionen freiwillig organisiert und zumeist wenig strukturiert sind. Im Gegensatz zu formalen Strukturen sind informelle Beziehungen personenabhängig. Zur Vermeidung einer solchen Abhängigkeit von einzelnen Forscherindividuen, ist es naheliegend, weitere Personen aus mehreren Organisationen beizuziehen und einen formalen Rahmen für die Interaktionen zu schaffen. Durch starke Beziehungen (im Sinne von Freundschaften) entstehen keine Informationsvorteile. Es sind eher schwache Beziehungen, die Teilgruppen verbinden und durch die neue und heterogene Informationen verstärkt fließen. Durch die geringe Informationsverbreitung können sie offenbar eher Innovationen anregen (Bienzle, et al., 2007, S.15)

Dabei sollen Personen beigezogen werden, welche ihrerseits zB innerhalb der jeweils eigenen Institution stark vernetzt sind und als Intermediäre zwischen den firmeninternen und externen Expert/innen dienen. Es ist vor allem diese Brückenfunktion, die die Stärke ansonsten schwacher Beziehungen ausmacht. Sie verbinden Inseln und soziale Kreise, über sie fließen neue Informationen zusammen (Jansen, 1999, S. 100ff). Diese Denkweise lehnt sich an die Theorie der strukturellen Löcher an (vgl. Burt, 1992). Ein Cutpoint-Akteur überbrückt strukturelle Löcher in einem Gesamtnetz.

Akteure, die strukturelle Löcher überbrücken, erfahren über ihre direkten Kontakte viele nicht redundante Informationen schneller als andere. Des Weiteren geben sie diese Informationen an viele andere Akteure weiter, die nicht direkt mit ihnen verbunden sind. Der Akteur ist in

den Suchprozessen vieler anderer Akteure präsent, wird ggf. von ihnen angesprochen und erfährt so von neuen Möglichkeiten (Jansen, 1999, S.180)

Eine besondere Art der Vernetzung, bzw. temporären Bildung von Inselnetzen stellt die Syntegration dar, welche als Methode gesondert später beschrieben wird.

Zur Netzwerkmoderation müssen idealtypisch vier Funktionen der Netzwerksteuerung unterschieden werden, deren Ablauf auch in dieser Reihenfolge vorzusehen ist (vgl. Sydow, 1999, S.295f):

- Selektion der Netzwerkpartner,
- Allokation der Partner (die Zuordnung von Aufgaben, Ressourcen, Verantwortungen)
- Regulation (Entwicklung und Durchsetzung von Regeln) und die
- Evaluation (des gesamten Netzwerkes und/oder ausgewählte Regeln)

Die Selektion ist hier ident mit der Suche und Auswahl der Expert/innen in der ersten Projektphase. Die hier dargestellten Methoden betreffen die Allokation (der Expert/innen) und Regulation (Kreativitätssteigernde Tools, Rahmenbedingungen). Die Evaluation betrifft sowohl den inhaltlichen Output der Workshops, als auch die Vernetzung und damit den Methodeneinsatz selbst.

#### Netzwerksteuerung und Vernetzungsqualität

---

Entsprechend der Netzwerktheorie nach Sydow sind acht Spannungsverhältnisse regulierungsbedürftig und bei der Expert/innenauswahl und Netzwerkbildung zu berücksichtigen:

- Vielfalt versus Einheit: Balance zwischen der Vielfalt der Expert/innen/Akteure und deren Integration zur Einheit
- Flexibilität versus Spezifität: Ausrichtung der Zielsetzungen und Selbstverständnisse
- Autonomie versus Abhängigkeit
- Vertrauen versus Kontrolle: Management der Kontrollmechanismen
- Kooperation versus Wettbewerb
- Stabilität versus Fragilität: Erzeugung und Regulierung von Stabilität
- Formalität versus Informalität
- Ökonomie versus Herrschaft: Verhältnis von funktionalen und herrschaftlichen Arrangements, bzw. deren Muster

Diese Spannungsverhältnisse sind strukturell in jedem Netzwerk verankert (Strukturdilemma), können jedoch in produktive Balance gebracht werden (Sydow, 1999). Die acht Spannungsverhältnisse eignen sich als Bewertungsraster für die Evaluation von Netzwerken (Bienzle et al, 2007, S.19).

Wichtiger Schritt ist die Förderung der Identifikation der Akteure mit dem Netzwerk, welches bei größerer Heterogenität zunehmend schwieriger wird. Am besten gelingt dies durch kollektive Erfolgserlebnisse. (vgl. Bienzle et al, 2007, S.79)

Solches gerade für die Ideengenerierung enorm wichtige Vertrauen kann nach Bienzle auf drei grundsätzliche Arten gebildet werden:

- aus gemeinsamen Erfahrungen – „history based trust“ (siehe vorhin),
- mittels vertrauensbildender Maßnahmen – „rule based trust“ und
- aufgrund gemeinsamer kultureller oder organisatorischer Zugehörigkeit,- „category based trust“

Da bei den hier heterogenen Personenkreisen die Vertrauensbildungsarten „history based trust“ und „category based trust“ de facto ausscheiden, hängt das Gelingen von netzwerkgestützten Ideenfindungsworkshops wesentlich von den zu den Workshops zeitlich nahen vertrauensbildenden Maßnahmen, bzw. deren Glaubwürdigkeit ab.

Je größer die Zahl der Netzwerkpartner, desto größer der Abstimmungsbedarf und die Anforderungen an klare Absprachen, Standards und Zuständigkeiten. Alle Partner sollen ihre Kernkompetenzen identifizieren und signalisieren, welche Leistungen und Beiträge sie in die Kooperations- und Leistungsprozess einbringen können und wollen (Baitsch & Müller, 2001, S.15).

#### Methoden der Kreativitätssteigerung und Analysetechniken mit moderierten Gruppen

**Kreativitätstechniken allgemein** - Die Methoden zur Steigerung der Kreativleistung von Gruppen müssen hier angeführt werden, da diese beispielsweise auch in den einzelnen Gruppensessions der Syntegration eingesetzt werden müssen.

Kreativitätstechniken werden allgemein dann eingesetzt, wenn der Suchraum nach Lösungen innerhalb einer Gruppe ausgeweitet werden soll. Bei den meisten sogenannten Kreativitätstechniken handelt es sich um Gestaltungsregeln und definierte Rahmenbedingungen für die Nutzung der Gruppenkreativität (vgl. Schlicksupp, 1999).

Es finden sich in der Literatur derart zahlreiche umfangreiche Zusammenstellung von Methoden, welche zur Adaptierung für die Zwecke in diesem Projekt herangezogen werden können, dass hier nur eine grobe Einteilung der Methoden dargelegt wird. Die „Urväter“ der Kreativitätstechniken, Schlicksupp und De Bono, teilen die Funktion von Kreativitätstechniken im Wesentlichen in 4 Gruppen ein:

- a) Methoden zur Visualisierung/Darlegung von weißen Flecken
- b) Methoden zur Steigerung der Masse an Ideen durch Gruppendynamik
- c) Methoden der schöpferischen Konfrontation
- d) Methoden der Analogiebildung

Ein entscheidender Grund für die Auswahl der in den Workshops verwendbaren Techniken ist der „Schulungsbedarf“ zur Methodik, da grundsätzlich davon ausgegangen werden muss, dass in kurzen (hier wenige Stunden dauernde) Ideenfindungssitzungen weder die Möglichkeit, noch die Motivation der Teilnehmer zur Beschäftigung mit der Methode selbst, bzw. zum Erlernen und Üben einer Methode vorhanden ist (vgl. De Bono, 1996).

Es kamen daher nur Derivate des Brainstorming und Brainwriting, wie die Methode Stop and Go, Kärtchenbefragung, Methode 635, aber auch Morphologien (Morphologischer Kasten) in Frage.

#### Referenzabläufe zur moderierten Steigerung kreativer Gruppenleistung

**Technologie-Roadmapping** - Beispielreferenz einer klassischen und erprobten moderierten Gruppentechnik zur „Intelligent Analyses“ sei hier das Technologie Roadmapping genannt.

Das Technologie Roadmapping ist eine Möglichkeit Technologie-Management und Planung zu unterstützen, indem dynamische Beziehungen zwischen technologischen Ressourcen, organisatorischen Zielen und Veränderungen des Umfeldes einer Technologie aufgezeigt werden (vgl. Phaal, 2004, S.9). Der Begriff „Technologie Roadmapping“ wird mit unterschiedlichen Bedeutungen verbunden, da keine Standarddefinition gegeben ist. So stellt der Begriff „Technologie Roadmapping“ die dominante Bezeichnung dar, auch wenn der technologische Aspekt oftmals nur eine geringe Rolle spielt und oft Begriffe wie „Business-“, „Strategie-“ oder „Innovations-Roadmapping“ bezeichnender wären (vgl. Lee, 2004).

Eine treffende Definition des Technologie Roadmapping kommt von Prof. Marie L. Garcia, wonach Technolgie-Roadmapping so beschrieben wird: *“[...] a needs-driven technology planning process to help identify, select, and develop technology alternatives to satisfy a set of product needs. It brings together a team of experts to develop a framework for organizing and presenting the critical technology-planning information”* (Garcia, 1997). In graphischer Form werden dabei Technologien sowie Verbindungen im zeitlichen Verlauf dargestellt.

Der Einsatzbereich der Roadmap ist vielfältig: So dient sie der Unterstützung der Kommunikation und des allgemeinen Verständnisses, der Beeinflussung von Entscheidungen und der Verhaltens-/Einstellungsänderungen sowie der Unterstützung bei Synchronisations- und Angleichungsprozessen über die Organisation hinweg.

Neuere Entwicklungen zeigen ein Wachstum des Roadmapping-Inhaltes im Internet, was auf ein wachsendes Interesse am Roadmapping-Ansatz schließen lässt (vgl. Phaal, 2005, S.102).

Der Roadmapping-Prozess wird in der Literatur (etwa nach Garcia, 1997; Gerd Sri, 2009) gemäß drei Phasen beschrieben, wobei die erste Phase „preliminary activity“, die zweite Phase „development of the Technology Roadmap“ und die dritte Phase „Follow-up activity“ bezeichnet.



Genauer beinhalten die drei Phasen folgende Aktivitäten:

1. In der ersten Phase finden vorbereitende Aktivitäten statt, wobei notwendige Voraussetzungen erfüllt, die Leitung und Förderung bereitgestellt und das Ausmaß sowie die Grenzen der Technologie Roadmap definiert werden. Zudem müssen verschiedene Erwartungen abgeklärt und abgestimmt werden.
2. In der zweiten Phase findet die Entwicklung der Technologie Roadmap statt. Hierzu werden das „Produkt“ als Fokus der Roadmap sowie kritische Systemanforderungen und ihre Ziele identifiziert, große Technologiegebiete sowie Technologietreiber und ihre Ziele spezifiziert sowie technologische Alternativen und ihre Zeitleiste identifiziert. In dieser Phase werden zudem Technologiealternativen, welche verfolgt werden sollten, vorgeschlagen und der Technologie Roadmap-Bericht entworfen.
3. Die dritte Phase der Folgemaßnahmen beinhaltet die Kritik und Validierung der Roadmap sowie die Entwicklung eines Umsetzungsplanes.

Vergleicht man diese Phasen mit den Aktivitäten in Projekt Baubionik Potenziale, so kann die erste Phase des Roadmapping Prozesses der Phase 1 des Projektes gleichgesetzt werden. Die ersten beiden ExpertInnenworkshops entsprechen der Roadmapping-Phase 2. Die Roadmapping Phase 3 ist am ehesten der Methodenentwicklung und Projektevaluierung des Projektes zuzuordnen.

Hinsichtlich der **Erfolgs- und Hemmfaktoren** eines effektiven Gebrauchs des Technologie Roadmappings stellt sich gemäß einer Erhebung von 2.000 Produktionsunternehmen im Vereinigten Königreich heraus, dass das laufende Aufrechterhalten des Roadmapping-Prozesses für 50 % schwierig war. Mehr als 50 % der Befragten nannten die Beteiligung der „richtigen“ Personen sowie das Commitment von allen Seiten als zentrale Erfolgsfaktoren. Als erschwerende Faktoren werden eine Überbelastung, die Ablenkung von kurzfristigen Aufgaben und der Bedarf an nicht verfügbaren Daten, Informationen und Wissen genannt (vgl. Phaal 2001, S.3-5).

Weitere **Grenzen** des Technologie Roadmappings ergeben sich aufgrund der Bedeutung von Prognosen technischer Entwicklungen, welche auch stark mit anderen technischen Entwicklungen wechselwirken, was wiederum Unsicherheiten mit sich bringt. In dieser Hinsicht sind besonders technologische Durchbrüche schwer zu prognostizieren, wenngleich darauffolgende Vorausschau relativ sicher sein können (vgl. Möhrle, 2002, S.8).

Auch bezüglich der Erfolgs- und Hemmfaktoren finden sich starke Übereinstimmungen zu den in diesem Projekt verwendeten Vernetzungsmethoden.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt Baubionik-Potenziale führten beispielsweise bei JOANNEUM RESEARCH dazu, einen Technologie-Roadmappingprozess im Themenfeld „Urban Development“, welches 2011 in Graz unter Beiziehung von ca. 30 ExpertInnen durchgeführt wurde, neu zu organisieren. Hier wurden 3 Workshops, welche in einem straffen 14 Tage Zyklus gehalten wurden, geplant und betreut. Es konnten qualitativ

hochwertige Projektideen für gemeinsame Förderprojekteinreichungen von unterschiedlichen Institutionen (TU Graz, Magistrat Graz, JR, Caritas, Architekten und Raumplaner) entwickelt werden.

#### Beispielprozess „Ideenmaschine“

---

Ein gut recherchierter und mit zahlreichen Erfahrungen behafteter Referenzprozess zur Ideenfindung und Projektentwicklung im Bereich Produktfindung/-entwicklung diente die so genannte „Ideenmaschine“ einer Schweizer Innovationsberatung „Brainstore“. Dieses Verfahren wurde in den Jahren 2008 bis 2010 am JOANNEUM RESEARCH als Methode zur Verwertung von brachliegenden Forschungsergebnissen und zum Einsatz in KMU-Beratungen adaptiert und ausgiebig getestet<sup>26</sup>.

Als idealisierter Workflow wird ein vielstufiger Arbeitsplan je Mikroprojekt (Ideenentwicklungsprojekt für einen Forschungsbereich oder für ein Unternehmensgeschäftsfeld) genannt und beinhaltet folgende Teile (Schnetzler, 2004):

1. „Briefing“ und „KickOff“: Formulierung eines klaren Auftrages, Zerlegung der Fragen in Suchfelder. Zielformulierung mit dem/der Auftraggeber/in bzw. mit einem potenziell verwertenden KMU.
2. „Creative Team“: Bildung von Kreativgruppen mit definierten Arbeitspaketen. Die Zusammensetzung soll dabei heterogen, im Idealfall auch gemischt zwischen Insider/in und Outsider/in sein.
3. „Idealinterview“ und „Expert-Interview“: Befragung zukünftiger Nutzer/innen nach dem Befragungskonzept: KAMEL - Kenntnis, Anwendung, Meinung, Erfahrung; weiteres Befragung von Freaks, pensionierten Expert/innen, Forscher/innen, Diplomand/innen, Heavy User/innen, Kindern, etc.
4. „Patentrecherchen“, „Trend- und Net-Scouting“: Themenrecherchen für Forscher/innen.
5. „Ideencity“: Ideenverdichtung, Präsentation und Illustration von Ideen mit verschiedenen Medien.
6. „First Scan“ und „Criteria Scan“: (Bewertung und vor allem Polarisierung) der Ideen.
7. „ThinkTank“: Erneute Diskussion von Ideen unter Fachexpert/innen, Entwicklung von Produktkonzepten und –varianten, Neukombinationen, erste Umsetzungskonzepte.
8. „Ideendesign“: Gestaltung von schriftlichen Dossiers zur Visualisierung und Demonstration von Ideen.

---

<sup>26</sup> Einführung eines „Creative Lab“ am JOANNEUM RESEARCH, Zielvereinbarung 2007/2008, gefördert vom BMVIT

9. „Ideenselektion“: Bewertung in mehreren Runden mit Ranglisten, Polarisierungslisten etc.
10. „Ideenmanagement“: Trennung der Organisation der Kundenbetreuung von der Organisation der Ideenentwicklung.
11. „Blue Print“: Umsetzungskonzept bis zum Businessplan.
12. „Debriefing“: Review und kontinuierlicher Verbesserungsprozess für das Verfahren.

Die Organisation von aneinandergereihten Workshops mit gleichen Teilnehmer/innen ist nur im Rahmen eines rigiden Projektmanagements machbar, widerspricht jedoch den Anforderungen bezüglich Förderung der Kreativität (keine Errichtung hierarchischer Zwänge). Dennoch erwies sich dieser Workflow als Richtschnur in der Vergangenheit sehr wertvoll. Die in früheren Ideenfindungsprojekten der JOANNEUM RESEARCH aufgetretenen Mankos ergaben sich aus dem Überspringen von einzelnen Punkten oder aus einer falschen Reihenfolge. Besonders fruchtbar erwies sich die (gezwungene) Beziehung „fremder“ Fachexpert/innen, also die unbedingte Forcierung der Heterogenität bei Ideenfindungssitzungen. Konkret stachen folgende Erfahrungen und Verhaltensregeln hervor:

- Förderlich ist die Beziehung von wenigen externen Personen, sofern diese bereits persönlich bekannt waren. Die bloße eher paritätische Zusammenführung von Mitarbeiter/innen aus verschiedenen Instituten brachte keinen Mehrwert.
- Sind die Teilnehmer/innen grundsätzlich bereit und gewohnt, in heterogenen Teams zu arbeiten, so ist zumindest die erste Ideenfindung umso ergiebiger, je fachlich heterogener die Gruppe ist.
- Mindestens ein Mitglied der Gruppe muss ein persönliches Interesse am Weitertreiben von Ideen haben und als „Mikroprojektleiter/in“ fungieren. Werden die Teilnehmer eines Ideenfindungsworkshops nicht ohne konkrete Aufträge (Rechercheaufgaben oder terminierte Brainwritingaufgaben) aus dem Workshop entlassen, scheitert die Ideenfindung.
- Am erfolgversprechendsten ist die Nutzung des kreativen Potenziales von insbesondere jüngeren Akademiker/innen durch direkte Ansprache. Es dürfen aber keine Abhängigkeit von Vorgesetzten/Herkunftsinstitution „stören“ (versteckte Konkurrenzthemen etc.).

Vergleich der Ideenmaschine mit dem Methodenablauf im Projekt Baubionik-Potenziale:

- Phase 1 des Projektes Baubionik-Potenziale korrespondiert mit den Teilen 1 bis 4 („Briefing“ und „KickOff“, „Creative Team“, „Idealinterview“/„Expert-Interview“ und „Trend- und Net-Scouting“) der „Ideenmaschine“.

- Die ersten 3 ExpertInnen-Workshops hatten analoge Ziele zu den Teilen 5 bis 7 der „Ideenmaschine“ („Ideencity“, „First Scan“ und „ThinkTank“).
- Der vierte Workshop und die Phasen 3 und 4 verfolgten analoge Ziele zu den Teilen 7 (überschneidend), 8, 9 und 11 der „Ideenmaschine“ („Think Tank“, „Ideendesign“, „Ideenselektion“, „Blue Print“), wobei insbesondere die Konkretisierung von Ideen („Blue Print“) außerhalb des Einflusses des Baubionik Potenziale Teams durchzuführen war, bzw. hier der Einfluss dem Projektteams größtenteils verwehrt blieb.
- Das Projektmanagement selbst, sowie die Trennung der Methodenseite (Methodenevaluierung) von der Generierung der Inhalte entsprechen den Teilen 10 und 12 der „Ideenmaschine“ („Ideenmanagement“ und „Debriefing“).

### 3.2.2 [Aktion] Vernetzungsmodelle und AkteurInnen im Projekt

#### Vernetzungsmethode „Syntegration“

Der Begriff Syntegration<sup>27</sup> wurde von Prof. Fredmund Malik eingeführt (Pfiffner, 2001). Es handelt sich um ein Kunstwort aus „Synergie“ und „Integration“ und betitelt eine Methode der Management-Kybernetik nach Prof. Dr. Stafford Beer. Das Verfahren ist laut Malik bestens geeignet, um Meinungen einer hohen Anzahl von Wissensträgern zu integrieren und zu konvergieren. Die folgenden Ausführungen zur Syntegration beziehen sich auf (Pfiffner, 2001).

Grundlage für die Methode ist die mathematische Theorie der „Platonischen Körper“, welche unter Vorgabe einer bestimmten Kantenanzahl oder Flächenanzahl die kleinstmögliche flächige Umschreibung eines Volumens darstellen. Unter den 5 platonischen Körpern (Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder) wird der Ikosaeder als Modell für die bestmögliche Vernetzung von 30 Personen verwendet. Die Struktur hat 20 kongruente Dreiecke, 30 gleiche Kanten und 12 Ecken, in denen jeweils 5 flächen zusammentreffen. Dabei entsprechen die 30 Kanten den Personen und die 12 Eckpunkte den zu behandelnden Themen (hier Thesenauswahl der Workshops). So soll erreicht werden, dass die 30 Personen bestmöglich ihr Wissen zu den Themen wechselseitig einbringen können. Entsprechend der Theorie wird das geteilte Wissen nach 3 Workshopdurchläufen zu 90% von allen Teilnehmern integriert. Normalerweise werden in einer Klausur über 2 bis 3 Tage jeweils 2 Workshops parallel gehalten, wobei alle diese Parallelsessions mit jeweils 5 Personen besetzt sind und immer die gegenüberliegenden Ecken (Themen) des Ikosaeders gleichzeitig behandelt werden. Die Kanten zwischen den gebildeten Fünfecken repräsentieren jene Teilnehmer, welche in den gerade gehaltenen Workshops als konstruktive Kritiker und Beobachter im Hintergrund fungieren.

---

<sup>27</sup> Der Begriff Syntegration wurde von Prof. Fredmund Malik geprägt und ist für die Anwendung durch dessen Beratergruppe Malik Management geschützt. (Vgl. <http://www.malik-management.com/de/malik-fuer-organisationen/loesungen-und-methoden/supersyntegration>; 11.2010)

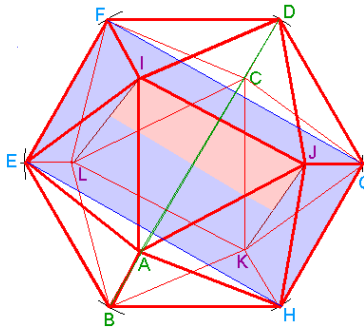


Abbildung 10: Icosaeder

In Abbildung 11 würden somit die Punkte D und B den gleichzeitig in 2 Workshops behandelten Themen entsprechen. Die Kanten von D nach I, J, G, C und F wären die Personen im Workshop „D“, jene Kanten von B nach A, H, K, L und E die Personen im Parallelworkshop. Die übrigen Kanten entsprechen den Beobachtern und Kritikern, welche zwischen den Workshops frei pendeln können und sollen.

In der nächsten Runde werden beispielsweise die gegenüberliegenden Punkte I und K parallel behandelt und so weiter bis alle 12 Eckpunkte abgehandelt wurden. Nach diesem Modell werden üblicherweise pro Tag 6 Doppelworkshops und somit ein ganzer Durchlauf aller Eckpunkte gehalten. In 3 Tagen werden somit die Themen aus den 3 Blickwinkeln „IST-Analyse“, „Soll-Definition“ und „Maßnahmen-Definition“ betrachtet.

Der Aufwand für eine solche vollständige Syntegration ist beachtlich. Das Verfahren ist bestens geeignet, die Meinungen einer hohen Anzahl von Wissensträgern zu integrieren und zu konvergieren.

#### Anpassung der Methode „Syntegration“ im Projekt

---

Das von Malik beschriebene Verfahren der Syntegration ist für Kreativ-Workshops und offene Ideenfindungssitzungen zu modifizieren, da die teils wechselnden teilnehmenden Beobachter und Kritiker stören würden - erfahrungsgemäß nimmt die Gruppenkreativität ab 6 Teilnehmern ab. Im Baubionik Potenziale Projekt werden weniger als 30 Experten vernetzt und die Workshops grossteils nur mit den, vom Thema ausgehenden fünf Kanten (Personen) behandelt. Die Einbindung der übrigen Teilnehmer erfolgt im Anschluss der Workshops in Schriftform. Daher finden diese Workshops auch nicht in einer einzigen Klausur statt. Ebenso wurde eine Zusammenfassung mehrerer Workshopdurchläufe innerhalb eines Halbtages aus Gründen der Kosteneffizienz durchgeführt (Reisespesenminimierung der freiwillig teilnehmenden Expert/innen).

In Anlehnung an die Konzepte der Syntegration wurde in der Vorbereitungsphase die Expert/innen als Kanten eines Icosaeders dargestellt (Abbildung 11). Fachliche und aufgrund ihrer Statements affine Personen wurden um einen Knoten (ein Thema) platziert. Die jeweils angrenzenden Fachgebiete bilden näherungsweise die Kanten der Fünfecke um diese Personen. Es wurden konkret 24 Teilnehmer/innen in vier parallel stattfindenden Gesprächsrunden á sechs Personen vernetzt, wobei in Anlehnung an die klassische

Synteintegration die jeweils gegenüberliegenden Fünfecke parallel konferieren und die jeweils dazwischenliegenden Kanten (=Personen) in weiteren zwei Gesprächsrunden die Themen beleuchten.

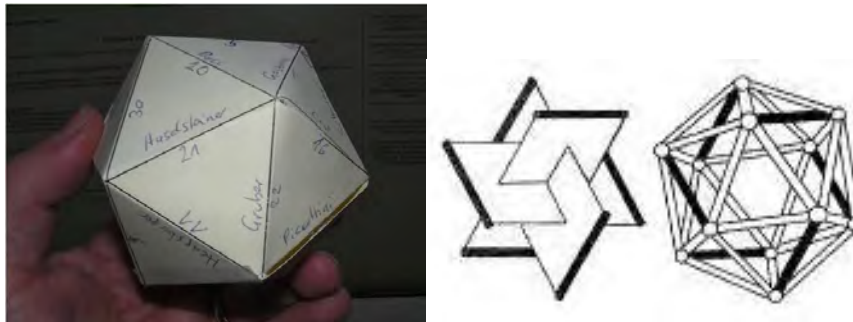


Abbildung 11: Icosaeder mit eingetragenen Namen an den Kanten (li); Orthogonale Sets eines Icosaeders (re)

Während bei einer Standard-Synteintegration in einer Klausur über zwei bis drei Tage jeweils zwei Workshops parallel gehalten werden, wurden also zwei Workshop-Runden mit jeweils vier parallelen Gruppen an einem Tag (1. Baubionik-Expert/innen-Workshop am 10. März 2010) geplant:

In der ersten Runde des ersten Workshops (erstes Set) wurden möglichst fachlich gegensätzliche Expert/innen in den jeweiligen Gruppen vereint, in der 2. Runde wurden die Expert/innen so gruppiert, dass die Personen tendenziell eher mit Kolleg/innen zusammentrafen, welche nicht unmittelbar aus dem eigenen, jedoch jeweils angrenzenden Fachgebieten stammen. Aus pragmatischen Gründen wurde zusätzlich in der 2. Runde darauf geachtet (und teilweise umgeschichtet), dass im Sinne der Vernetzung keine Personen aus denselben Institutionen in einer Gruppe waren.

Faktisch handelte es sich bei der Zusammenstellung der Expert/innen-Gruppen in der ersten Runde des Workshops am 10. März um Orthogonale Sets (siehe Methodik). Die zweite Runde bestand aus den jeweils gegenüberliegenden Fünfecken mit zum Teil wesentliche Umschichtungen (Vermeidung von „Institutsgruppen“. Beim ersten Set war eine solche Umschichtung nicht notwendig, da die Orthogonalen Sets ohnehin Personen aus denselben Institutionen ausschlossen.

Besonders das 1. Set erwies sich im Workshop bei fast allen Gruppen als besonders anregend.

#### Expert/innen Workshops - Modell und Ablauf

Zur Detailplanung der Workshops und deren sequentielle Abläufe wurde das Verfahren der Synteintegration wie beschrieben eingesetzt.

Der **1. Baubionik Expert/innen-Workshop** fand am 10. März 2010 in Wien (TECH GATE VIENNA, Tech Lounge) mit 29 Teilnehmer/inne/n aus unterschiedlichsten Fachdisziplinen statt. Ziel war, den Ideenaustausch über Potenziale für energieeffiziente Gebäude der

Zukunft und eine interdisziplinäre Netzwerkbildung von Wissenschaft und Wirtschaft anzuregen, sowie die Disziplin ‚Bionik‘ als Ideenpool kennenzulernen.



Abbildung 12: 1. Expert/innen-Workshop, TECH GATE VIENNA, Tech Lounge, Wien, 10.03.2010

Nach der Begrüßung der Teilnehmer/innen mit einer Kurzvorstellung des Projekts ‚BAUBIONIK POTENZIALE‘ und des Projektteams hielten Prof. Helmut Tributsch (emer. Prof. der TU Berlin, Helmholtz-Zentrum Berlin für Energie und Materialien; dzt. Vortragender an der FH Kärnten) und Mag. Georg Scheicher von Architekten Scheicher zwei Impulsvorträge zum Thema ‚Energie-Strategien und Bautechnik in der Natur‘ (Tributsch) und ‚Bionik für Ressourceneffizienz und Cradle-to-Cradle Technologies am Bau‘ (Scheicher).

Nach den Impulsvorträgen wurden die 29 Teilnehmer/innen in 4 Gruppen à 6 Personen eingeteilt (Gruppen A1, B1, C1 und D1), wobei jede Gruppe von einer Person aus dem Projektteam moderiert wurde. Die Arbeit in den Kleingruppen begann mit einer Kurzvorstellung der einzelnen Personen, die (1) Name, (2) Institut/Firma, (3) Ausbildung und Fachgebiet, und (3) dem im Vorfeld des Workshops abgegebenen Statement und einer Idee zum Thema Baubionik enthielt. Diese Informationen wurden vom Projektteam schon im Vorfeld des Workshops in Form von Steckbriefen im A3-Format zusammengefasst. Diese Steckbriefe wurden nach der Kurzvorstellung der Personen von diesen an einer Pinnwand befestigt.

Die Arbeit in den Kleingruppen begann mit einer losen Sammlung von Ideen zum Thema ‚Gebäude der Zukunft‘, die im Weiteren zu konkreten Ideen verdichtet wurden. Die Ideen wurden von den Moderatorinnen und Moderatoren auf Flipcharts notiert und anschließend als „Ideengalerie“ im Saal ausgestellt.

Nach der ersten Runde wurden die Gruppen an Hand der vorher festgelegten Durchmischung neu eingeteilt (Gruppen A2, B2, C2 und D2). Danach wurden die Kleingruppenarbeiten analog der ersten Runde durchgeführt.

Im Anschluss an die Kleingruppenarbeiten in den zwei Runden hatten die Teilnehmer/innen die Möglichkeit, in Ruhe alle Ideen, die in den Kleingruppen erarbeitet wurden, in der „Ideengalerie“ zu sichten. Weiteres konnten die Teilnehmer/innen mittels Klebeetiketten markieren, welche Ideen und Themen sie interessieren bzw. welche von ihnen stammen.

Die Gruppeneinteilung wurde vor dem Workshop unter der Prämisse vorgenommen, das Wissen der Workshop Teilnehmer/innen möglichst effizient zu vernetzen und viele Ideen innerhalb kurzer Zeit zu generieren.

Der **2. Baubionik Expert/innen-Workshop** fand am 28. Mai 2010 in Wien (Kuffner Sternwarte) mit 15 Teilnehmer/inne/n aus unterschiedlichsten Fachdisziplinen statt. Ziel dieses Workshops war neben der interdisziplinären Netzwerkbildung die Konkretisierung von Projektideen für „Energieeffiziente Gebäude der Zukunft“ und die Erstellung erster Projektproposals für F&E-Kooperationen.



Abbildung 13: 2. Expert/innen-Workshop, Kuffner Sternwarte, Wien, 28.05.2010

Nach der Begrüßung der Teilnehmer/innen und der Vorstellung der zusammengefassten und als Mindmap aufbereiteten Ergebnisse des 1. Workshops wurden in der Großgruppe mithilfe von Kärtchen die Projektwünsche und die Kernkompetenzen, welche zu den angesprochenen Themen passen, erhoben und in einer großen Matrix dargestellt. Daraufhin erfolgten erste Diskussionen zur Konkretisierung der Ideen, welche auch eine Auswahl und teilweise Reduktion von Themen und Projektideen beinhalteten. Im Anschluss daran wurden drei Arbeitsgruppen gebildet, um die selektierten Projektideen als mögliche Projektkonzepte weiter zu konkretisieren. Als Zwischenergebnis wurden Dossiers für mögliche F&E Einreichungen mit Angabe der beteiligten Partner/innen, der Arbeitspakete, möglicher Förder- und Finanzierungsschienen und offener Punkte zur Recherche eingefordert. Um konkrete Förderoptionen kennenzulernen und damit die Möglichkeit der Realisierung der Projektideen in Richtung Projektkonzept zu fördern, hat das Projektteam im Rahmen des Workshops auch einen Impulsvortrag zu den nationalen und internationalen Förderprogrammen gehalten.

Im **3. Baubionik Expert/innen-Workshop** am 10. Oktober 2010 wurden zur Verdichtung der Fragestellungen keine gesonderten Expert/innen-Sets gebildet, da hier keine Trennung in einzelne Teildiskussionen sinnvoll war. Ziel war, den internationalen Rahmen der Konferenz Bionik-A zu nutzen, um österreichische Expert/innen mit international agierenden Expert/innen aus der Bionik zu vernetzen. Interessierten Expert/innen aus den vorigen Workshops kamen mit konkreten Projektideen, um internationale oder nationale Kooperationen aus der Bionikforschung zu suchen. Weiteres wurde bei diesem Workshop auch die Grundlage für die Projektidee zu einem „bionischen Haus“ gelegt, welches als Quasi-Roadmap skizziert wurde und als international angelegte Forschungsaufgabe definiert wurde. Die Konferenz wurde auch genutzt, um mittels Posterpräsentation und Vortrag auf das Projekt und die Kooperationsmöglichkeiten mit Expert/innen unterschiedlichster Disziplinen international aufmerksam zu machen.

Der **4. Baubionik Expert/innen-Workshop** am 24. November 2010 diente zur Detaillierung einzelner technischer Details. Zur kreativen exemplarischen Lösung einzelner Details



innerhalb der Projektideen wurden testweise weitere Vertreter von Bionik Austria, vom TRIZ Kompetenzzentrum Österreich und beruflich bereits engagierten Studenten des Grazer Campus02 eingeladen. Das Setting belief sich aus pragmatischen Gründen (TRIZ-Moderatoren) auf die Aufteilung in 2 Gruppen, welche aufgrund der fachlichen Nähe der Teilnehmer/innen zum behandelten Thema gebildet wurden. Zum Unterschied zu den vorhergehenden Workshops wurden hier testweise vornehmlich Methodenexperten (etablierte und angehende Innovationsmanager) bezüglich der Kreativitätsmethode TRIZ eingeladen.

### Nachbereitung der Workshops

Workshop-Material: Jede Teilnehmerin bzw. jeder Teilnehmer des ersten Workshops erhielt beim Eintreffen ein Namensschild und eine Mappe mit folgendem Inhalt: Teilnehmer/innen-Liste mit Name, Organisation und Kontakt, Stifte, Schreibpapier und Moderationskärtchen, eine Vorlage für das Ideendossier und ein Blatt mit personalisierten Aufklebern (diese ermöglichten den Teilnehmern und Teilnehmerinnen, ihr Interesse an Ideen anderer zu bekunden bzw. das „geistige Eigentum“ eigener Ideen zu markieren). Weiteres lagen Stifte, Moderationskarten, Klebeband, Papierbögen, Scheren und Pin-Nadeln zur Verfügung. Auch für den zweiten Workshop wurden Mappen vorbereitet, die folgende Unterlagen enthielten: Namensliste, ein Handout der Folien zu Fördermöglichkeiten, das Protokoll des ersten Workshops, eine Themenliste, ein Ideendossier und überdimensionale „Visitenkarten“ der Teilnehmer/innen Platz für persönliche Anmerkungen. Alle Flipcharts wurden fotografiert und mit dem Protokoll an alle Teilnehmer/innen versandt.

### Einbindung von Akteur/innen

Die Suche nach in Frage kommenden Expert/innen erfolgte zu Beginn über das direkt bekannte Personen-Netzwerk der beiden Projektbetreiber AIT und JR, sowie über die Mitglieder des Vereines Bionik Austria. Es wurde eine Liste möglicher Expert/innen generiert, welche als Ausgangspunkt für die Ermittlung von „Startkonstellationen“ für die Workshops in Phase 2 diente. Die Expert/innen wurden in 4 Kategorien eingeteilt:

- Fachgebiet Bau und Architektur
- angrenzende jedoch komplementäre Fachgebiete, wie Bauakustik, Photovoltaik, Holzbau etc.
- am Thema interessierte Spezialisten in eher „baufremden“ Fachgebieten (z.B. Nanomaterials, Physik, Landschaftsplanung, Biologie und Bionik etc.
- fachfremde mögliche Lead-User, bzw. Personen mit einem eher „extremen“ Zugang zum Thema (z.B. Bergführer mit Bionikkompetenz, Vorstand eines Klosters mit Alternativenergieversorgung)

Weiteres wurden den Personen, bzw. deren fachlicher Herkunft die groben Fach-Kategorien „Technik“, „Energie“, „Umgebung“ und „Mensch“ zugeordnet.

**Interviews, Befragungen** - Die interviewten Expertinnen und Experten wurden zu den Themen und den Optionen der Vernetzung, sowie nach deren fachlichen (eventuell auch bionikbezogenen) Schwerpunkten und Intentionen befragt. Von den Expert/innen wurden u.a. Statements zu folgenden Fragen eingeholt:

- allgemeinen Grundfragen und Themenkreise im Bezug auf Bauen und Nachhaltigkeit,
- Weiterentwicklungen des jeweils eigenen Kernkompetenzbereiches und
- erkennbare Trends
- Einschätzung der Nutzbarkeit der Bionik bzw. der Bedeutung des Projektvorhabens
- Optional: erste lösungsorientierte Ideen

Es wurde insbesondere versucht, das Potenzial und die Motivation zur Vernetzung der jeweils eigenen Expertise mit fremden Fachexpertisen zu berücksichtigen. Somit orientierte sich das Screening an der erkennbaren Diversität der Publikationen, Projektbeteiligungen und Empfehlungen von Interviewpartnern, und weniger an Qualifikationskriterien, wie Impactpunkte etc.

Die Statements haben den Charakter einer ersten Delphi-Befragung zu den Problemfeldern, da diese bei den meisten Interviewten eher problem- als lösungsorientiert waren. Aus den Statements wurden Thesen formuliert, welche in die Arbeiten des AP1 einfließen und als Startpunkt für die Brainstorming-Sitzungen fungierten. Weiteres wurden diese auch in Kombination mit der fachlichen Herkunft der Person zur Gruppenbildung im ersten Workshop herangezogen.

**Expert/innenliste** - Aus den ersten Interviews und Suchläufen zu Vertreter/innen aus unterschiedlichsten Branchen und Disziplinen (74 Personen) wurden letztlich 30 Expert/innen für die weiteren Aktivitäten gefiltert, welche sich auch bereit erklärten, an den Workshops und allen weiteren Aktivitäten, teil zu nehmen.

Es wurde in den Erstbefragungen und Personenrecherchen insbesondere auch versucht, das Potenzial und die Motivation zur Verschränkung der jeweils eigenen mit fremden Fachexpertise zu bewerten. Von einer ursprünglich geplanten Bewertung mithilfe eines Screenings der jeweiligen Publikationen (institutsübergreifende Themen, fachlich heterogene Koautoren, diversifizierte Studien-Auftraggeber etc.) wurde Abstand genommen, da ein Vergleich als nicht zielführend bzw. aufgrund der Diversität von Projektauftraggebern nicht möglich war. Somit orientiert sich das Screening eher an der erkennbaren Diversität der Publikationen, Projektbeteiligungen und Empfehlungen von Interviewpartnern, weniger an Qualifikationskriterien, wie Impactpunkte etc. Die sich aus den internen Brainstormings und Experteninterviews ergebenden Ideen wurden im Laufe des Projekts von den Expert/innen selbst verdichtet und etwaig nötige Expertisen bei Wunsch hinzugezogen.

**Online-Webplattform** - Eine unterstützende Plattform-Struktur muss angemessen sein, es darf nicht mit technisch weit entwickelt und multifunktional verwechselt werden. Es soll auf die besonderen Informationsbedürfnisse maßgeschneidert sein und die Anwender nicht mit unnötigen Funktionalitäten überwältigen. Die Beste Wahl der Medien ist diejenige, welche

die geringsten Kommunikationsbarrieren aufbaut. (vgl. Bienzle et al, 2007, S.87f) In diesem Sinne wurde besonderes Augenmerk auf die Einfachheit der Projektwebsite und technischen Verfahren der Blogmitarbeit gelegt, auch wenn Designaspekte darunter leiden.

### 3.2.3 [Ergebnis] Identifikation von Ideen(dossiers)

Ziel der zweiten Projektphase (Abbildung 14) im Projekt war die Entwicklung von Ideen in den Expert/innen-Workshops, sowie einer Strukturierung dieser Ideen in sogenannte Aktionsfelder für die weitere Verdichtung und Selektion von Bionikpotenzialen für Plus-Energie Gebäudetechnologien in der Projektphase 3.

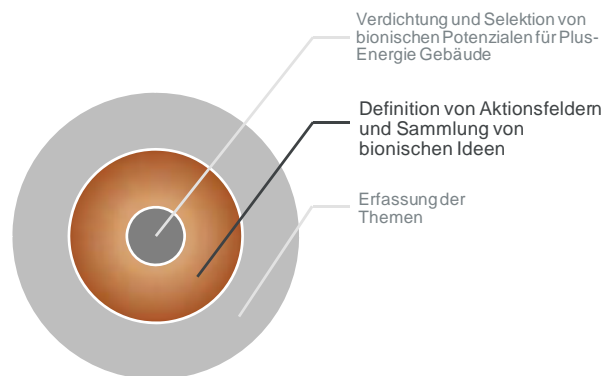


Abbildung 14: Projektphase 2 - Erfassung von bionischen Aktionsfeldern

Aus der komplexen Vielfalt, welche die anfangs sehr offene Diskussionsbasis basierend auf der Themen-Mindmap anbot, musste in mehreren Schritten gemeinsam mit den beteiligten Expertinnen und Experten im Rahmen der Workshops und der Interviews jene Themen identifiziert werden, welche einerseits einen relevanten Beitrag zum Plus-Energie Gebäude leisten könnten und zu welchen andererseits ausreichend Information aus der Bionik bezüglich möglicher oder existenter Projektentwicklungen bestand. Die projekteigene Definition über „bionische Schlüsseltechnologien“ diente bei der Identifikation sowohl in dieser als auch in der 3. Phase als Selektionshilfe (Details siehe 3.4.1).

**Methodik** – Grundsätzlich ist anzumerken, dass der Prozess in Phase 2 ein qualitativ erfassender Prozess ist, welcher mittels der Kreativitätsmethoden in den Workshops (wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben), Interviews und Feedback aus den Präsentationstätigkeiten erfolgte. Eine Evaluierung der inhaltlichen Ansätze wurde in diesem Stadium aufgrund des breiten Spektrums noch nicht durchgeführt.

#### Definition von bionischen Aktionsfeldern

---

Um im Projekt bionische Projektkonzepte entwickeln zu können, welche durch das Verstehen von optimierten Energie-Strategien biologischer Organismen entstehen können, wurden zuerst in einem interdisziplinären Brainstorming mit Expert/innen sogenannte *Aktionsfelder* entwickelt. Diese stellten den Kontext zwischen Bionik und gebäuderelevanten Aufgaben her und dienten der Erleichterung der Überprüfung bzw. vertiefte Recherchen der potenziellen bionischen Projektideen in Projektphase 3.

Die Aktionsfelder sind nach Methoden- bzw. Prozesstypen, welche bei der Umsetzung von Projekten bzw. identifizierten bionischen Themen zu erwarten sind, unterteilt (Abbildung 15).

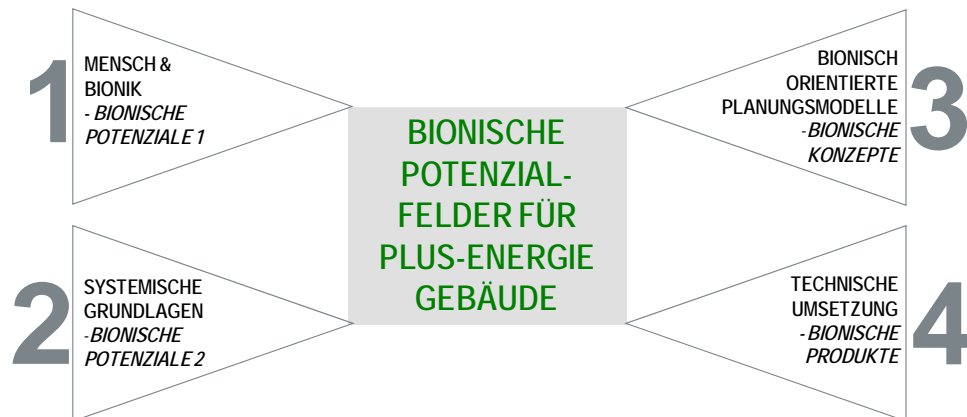


Abbildung 15 - Aufgliederung in 4 Aktionsfelder für bionische Potenziale

So umfasst Aktionsfeld 1: Mensch & Bionik bzw. Bionische Potenziale 1 alle Themen, welche sich mit dem „Mensch und dessen Bedürfnisse sowie Bedarf“ bzw. humaner Suffizienzthemen oder intelligenten interaktiven Regelungssystemen auseinandersetzen. Der Typologie der möglichen Projekte in diesem Aktionsfeld wird vorrangig die Grundlagenforschung bzw. anwendungsorientierte Forschung im Sinne von Erhebungen, Studien und Leitfäden in Zusammenarbeit mit den Humanwissenschaften (z.B. Humanbiologie, Medizin oder Sozialwissenschaften) zugeordnet.

Aktionsfeld 2: Systemische Grundlagen – Bionische Potenziale 2 umfasst grundlegende Querschnittsthemen, welche radikale neue Ansätze des Bauens und der Interaktion mit der Umwelt beleuchten. Darunter fallen Betrachtungen zu Kreislaufsysteme, Prozesse bzgl. Interaktion Gebäude – Mensch – Umwelt (fixe und variable Bedingungen, Beziehungskriterien und Abhängigkeiten) und dergleichen, deren Potenzial für Plus-Energie Gebäude systematisch erfasst und über Modelle greifbar gemacht werden soll. Dazu zählen, methodisch betrachtet, die (Weiter)entwicklung neuer Planungsansätze oder Lebenszyklusmodelle oder – übertragen auf die Bionik – das Modellieren von komplexen Prozesse und Organisationen biologischer Systeme.

Aktionsfeld 3: Bionisch orientierte Planungsmodelle – Bionische Konzepte beinhaltet jene Themen, die sich mit den Planungsinstrumenten und Optimierungsstrategien von Umsetzungsinstrumenten (Contracting-Modelle, Flächenwidmung, etc.) beschäftigen. Ebenso zählen hierzu neue Methoden und Instrumente im Bereich Architektur und Design (Planungsinstrumente). Die Herangehensweise in diesem Aktionsfeld ist die der theoretischen Konzeptentwicklung und die Schaffung von Tools bzw. Methoden (Modellen), welche sich in praxisorientierten Prozessen (Planung, Förderung, etc.) anwenden lassen.

Aktionsfeld 4: Technische Umsetzung – Bionische Produkte befasst sich letztendlich mit der bionisch inspirierten Produktentwicklung. Darunter fallen sämtliche Materialien und technische Komponentenentwicklungen.

Die Ideensammlung aus dem ersten Workshop umfassen jene Ideen, welche direkt oder indirekt Einfluss auf die Strategie von Plus-Energie Gebäuden haben, auf deren Betrieb oder deren Rolle im größeren Kontext zur Umgebung einwirken, bzw. den Bedarf und Verbrauch von Energie beeinflussen könnten. Da durch die stark transdisziplinäre Ausrichtung im Projekt auch neue Potenziale aus ungewöhnlicheren Blickwinkel zugelassen werden sollen, wurde diese Ideenliste inhaltlich noch sehr weit gefasst. Damit wurden etwaige neue Perspektiven in der Sondierungsphase dieser Stufe erlaubt. Nicht alle angeführten Themen sind mit der Bionik kompatibel oder durch Bionikforschung weiterführbar. Einige der Themen stehen bereits im Fokus der Bauforschung und –entwicklung, auf eine mögliche Optimierung durch einen bionischen Input wurde hierbei nicht näher eingegangen.

Die, in der folgenden Tabellenliste (Tabelle 2) zusammengefassten Ideen sind bereits den Aktionsfeldern zugeordnet. Diese Strukturierung erlaubt eine einfachere Evaluierung und Weiterbearbeitung der Ideen durch die Expert/innen, da benötigte Kompetenzen und Fachgebiete bzw. auch angepeilte Zielsetzungen sichtbar wurden. So ist z.B. der Bedarf am Aufbau eines grundlagentheoretischen Know-Hows seitens Expert/innen, welches auf die ganzheitliche Betrachtung von Gebäude, Nutzer/innen und Bionikpotenzial fokussiert, ersichtlich geworden. Andererseits sind auch funktional orientierte Zielsetzungen identifiziert worden, wie z.B. die Entwicklung konkreter bionischer Produkte oder Modelle.

Aus dieser Vielfalt an Ideen wurden in der 3. Projektphase jene selektiert, welche einerseits einen relevanten Einfluss auf die Energieperformance oder Umweltbeziehungen eines Gebäudes haben und zu welchen andererseits ausreichend wissenschaftliche Kenntnisse über mögliche biologische Analogien oder bionische Potenziale bestehen.

Tabelle 2: Ergebnisse des 1. ExpertInnen-Workshop - Zusammenfassung von Ideen der Teilnehmer/innen (mögliche Aktionsfelder für bionische Ansätze)

**AKTIONSFELD 1: MENSCH – BIONIK (BIONISCHE POTENZIALE 1)**

1.1 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ & INTERAKTION MIT NUTZER	
<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ VERHALTENSMODELLE                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Digitaler Repräsentant des Nutzers in intelligentem Regelungssystem</li> <li>- Nutzerverhalten mit Energieperformance real-time abstimmen</li> <li>- Selbst-adaptive Reaktion bei Ausnahmesituationen von hilfebedürftigen Menschen</li> <li>- Interaktion Mensch-Raum (ganzheitlich)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ GEBÄUDE ALS „LEBENDE“ KNOTEN IN INTELLIGENTEN NETZEN (KÜNSTLICHE INTELLIGENZ)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Künstliche Intelligenz mit zelluläre Automaten der Wandelemente / Gebäudesteuerung</li> <li>- Künstliche Intelligenz in Gebäudesteuerung mit Feedback über Wände / Farbänderung</li> <li>- Methodoptimierung über Schwarmintelligenz</li> </ul> </li> </ul>
1.2 WOHLFÜHLFAKTOREN, BEDÜRFNISSE	
<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ GESUNDHEITLICHE ASPEKTE VON BAUSTOFFEN                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutzer - Gebäude Interaktion (integrierte Sensorik zur Bewertung der Baustoffgüte durch Nutzung, Lebensdauer)</li> <li>- Wohlbefinden Nutzer – Check durch integrierte Sensorik</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☛ ELEMENTE DER RAUMATMOSPHERE                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Subjektive Wärme – Smart Materials reagieren auf Nutzerfeedback</li> <li>- Licht im Einklang mit Körperfunktionen (Sensorik – adaptive Komfortprofile)</li> </ul> </li> </ul>

## FORTSETZUNG AKTIONSFELD 1: MENSCH – BIONIK (BIONISCHE POTENZIALE 1)

### 1.1 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ & INTERAKTION MIT NUTZER

- ➔ BAUPSYCHOLOGIE - BEDÜRFNISSE
  - Suffizienz – Analogien in der Natur (was benötigt Mensch wann und wie, etc)
  - Awareness steigern – Sinnlichkeit/Wahrnehmung aus Natur für Räume erlebbar machen

## AKTIONSFELD 2: SYSTEMISCHE GRUNDLAGEN (BIONISCHE BASIS 2)

### 2.1 ARCHITEKTUR & BIONIK

- ➔ NATÜRLICHE KONSTRUKTIONEN - MODERNE BAUTEN
  - Radikalinnovationen in der Planung: Haustechnikfreies Bauen
- ➔ RECYCLEFÄHIGES, ADAPTIVES GEBÄUDE
  - Baustoffe-/ Produktkreislauf zu 100% wiederverwertbar (energetische Verwertung während Betrieb?) – Funktionsanalysen aus biologischen Stoffkreisläufen

### 2.2 GEBÄUDE & BIOLOGISCHE METABOLISMUS

- ➔ ZYKLISCHE PROZESSE – PRINZIPIENANALYSE
  - Technologien - Evolution Analogien
- ➔ ANPASSUNG AN NATÜRLICHE ENERGIEFLÜSSE,
  - Energieflussanalogien zu biologischen Systeme analysieren

### 2.3 SYSTEMVERSTÄNDNIS

- ➔ EVALUIERUNGSMETHODEN
  - Modellentwicklungen für adaptive Komponenten in Bezug auf Gesamt-Performance (Regelung, Überwachung und Optimierung während des Betriebs)
- ➔ REZYKLIERUNG VON KOHLENSTOFF (VORBILD NATUR)
  - Funktionsgrundlagen für Anwendung im Bau schaffen

## AKTIONSFELD 3: BIONISCH ORIENTIERTE PLANUNGSMODELLE (BIONISCHE KONZEPTE)

### 3.1 REGIONAL- UND STADTPLANUNG

- ➔ NEUE IDEEN FÜR „TOTE“ STADTKERNE
  - Nutzung alter Substanzen (energetische Nutzung der vorhandenen Masse, etc.)
  - Urbaner Kreislauf – Analogien
  - Steigerung Altbausanierung
- ➔ UMGANG MIT STRUKTUREN, UMWIDMUNGEN
  - Bebauungsplan neu strukturieren mittels Parameter (z.B. Energie-Ressourceneffizienz, etc.)
  - Widmung urbanes Grünflächen vs Solarflächen

### 3.2 BUSINESS DEVELOPMENT

- ➔ CONTRACTING-SYSTEME NACH VORBILD DES ÖKOSYSTEMS
  - z.B. Leasing privater Gebäudeflächen
  - Aktivierung von Flächen für gemeinschaftlichen Nutzen
  - „Wandel Bau“ - Neue Geschäftsmodelle
- ➔ URBAN MINING NACH BIOLOGISCHEM VORBILD
  - Ressourceneffizienz billiger machen
  - Lebensdauer von Gebäude begrenzen

## AKTIONSFELD 4: TECHNISCHE UMSETZUNG (BIONISCHE PRODUKTE)

### 4.1 BIONIK UND KOMPONENTENENTWICKLUNG

- ➔ BIONISCHE BAUTEIL & - ELEMENTENTWICKLUNG
  - Low-Tech-Elemente mit High-Tech Material (keine bewegliche Technik)
  - Fertigteile = vorgefertigte Bauelemente, die multifunktional einsetzbar sind
- ➔ TAGESLICHT IM GEBÄUDE
  - Lichtlenksystem wie Eisbär / Fensterblume
  - Photochrome Fenster u. Steuerung durch Mensch

## FORTSETZUNG AKTIONSFELD 4: TECHNISCHE UMSETZUNG (BIONISCHE PRODUKTE)

### 4.1 BIONIK UND KOMPONENTENENTWICKLUNG

- TOPOLOGIEOPTIMIERUNG
  - „Konturcrafting“ 2050: Gebäude werden mittels 3D-Plot „gegossen“ (Portalroboter)
  - Vogelknochenstatik (adaptofronische Statik)
- GEBÄUDE ALS OASEN DER RUHE
  - Häuser als Oasen der Ruhe „3dB- Häuser“ (Vorbild 3L-Auto)
- ADAPTIVE GEBÄUDEHÜLLEN UND WÄNDE
  - Schwitzende Fassade – Kapillaren in Wandkonstruktion ?
  - adaptive Wärmedämmung
    - o z.B: analog zu Idee der Zucht von Wollpflanzen an Fassade als lebende Wärmedämmung
    - o Sich aufstellende „Haare“ an bestimmten Fassadenstellen - Stoppen von Windböen, Nutzung von Luftwirbeln
  - adaptive passiv saisonale Verschattung (analog zu Idee: Weinlaubranken vor Fassade - bei erstem Frost fallen Blätter)
  - Innenwände als adaptive Wegweiser (Tag/Nachtmodus über fluoreszierende Systeme)
  - Beschichtungstechnologien (z.B. selektive Reflexion an opaken Flächen zur Reduktion der Absorption von Strahlungswärme)

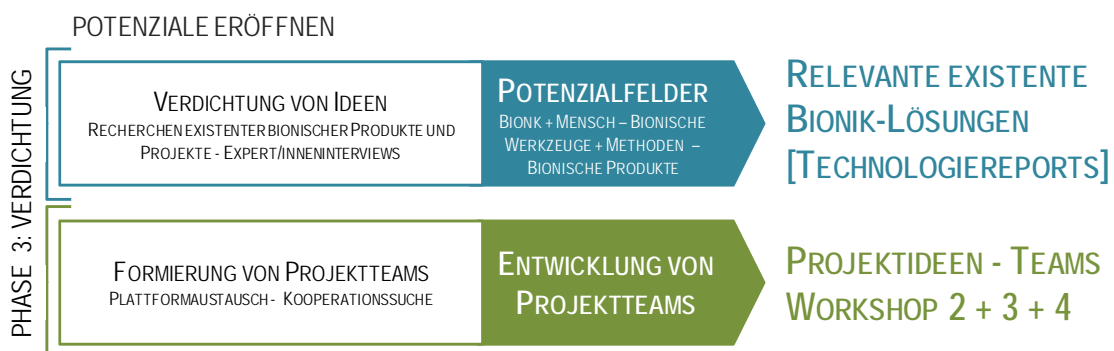
### 4.2 BIONIK UND MATERIALIEN

- SELF-X MECHANISMEN
  - Selbstheilende belastungserkennendes Material
  - Selbstzerstörendes Material
  - Materialeigenschaften von Baustoffen erweitern (z.B. Selbstreinigung, Verglasung)
- MATERIALIEN „NEXT GENERATION“
  - Atmungsaktive Membrane
  - Moderne Biotechnologien (Biostoffe) als Alternative zu Holz
  - Bionische Materialien mit Anpassungsfähigkeit, Memory-Effekt
  - Problemkreislauf durchbrechen – Materialfunktionen steigern (Low Tech)
  - Material für Gebäudehülle – Statik u. integrierte E-Produktion –Speicher –Transport – Gasaustausch -Brandschutz-Holz
  - „Super-Designmaterial“ (1 Material): intelligente Funktionen, recyclebar, spritzbar
  - Baustoffe entwickeln, die gesundheitsfördernd sind (Nutzer « Gebäude Interaktion), Wohlbefinden von Nutzer monitoren können (integrierte Sensorik?)
  - Materialoptimierung (Smarter Leichtbau von Komponenten über 3D Plot, Laserverfahren (z.B. Profile) – minimaler Materialverbrauch – maximale Festigkeit/Tragfähigkeit/Spannweite – Minimaler Energieverbrauch bei Produktion (inkl. Rohstoffgewinnung)
  - Materialien (nachwachsend, aufschäumbar) für nachträgliche Isolierung von Bestandsbauten
  - Dünnschicht-Dämmung (Vakuum?)
- OBERFLÄCHENFUNKTIONEN & -EIGENSCHAFTEN
  - „Patina“-Fähigkeit von Materialien
  - Optische Materialien u. Mediendesign (Integration von Displays, ICT)
  - Infrarot-Reflexionsschicht (= existierende Technologie , möglicherweise volkswirtschaftlich rentabel, Reduktion thermischer Last)
  - Brandschutz mit Tannin (bionische Forschung vorhanden)
  - Interagierende Funktion von Material z. B. Farbänderung der Wände je Stimmungslage (Analyse über Biofeedback)
- SONDERTHEMA TEXTILER STOFFE UND EINSATZ IN GEBÄUDE (z.B. „SCHWARZZELT,“)
  - U-Wert-Regler aufgrund Matrix-Faseranordnung
  - Adaptive Hinterlüftung im Zusammenhang mit PV - regelt Abstand, Wärmeübertragung
  - Passive Funktionen von High Tech Textilien (oder ) z.B Kühlung oder Heißluft als Antrieb für Konvektion (Nutzung kinetischer Energie (Heißluft) für Mikroturbinen)

## FORTSETZUNG AKTIONSFELD 4: TECHNISCHE UMSETZUNG (BIONISCHE PRODUKTE)

4.3 BIONIK UND ENERGIESYSTEME	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ GEBÄUDETECHNIK NEXT GENERATION               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieeffiziente Kühlung</li> <li>- Energieoptimierte Bauweisen (z.B. passive Kühlung) für Großbauten</li> <li>- Kleine dezentrale Versorgungseinheiten / Komponenten für direkte Versorgung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ GEBÄUDEINTEGRIERTE (SOLAR)ENERGIESYSTEME               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stromerzeugende Hülle - selbstnachführend</li> <li>- Verschattungsmembran (hohe Durchsicht, selektiver Strahlungsdurchgang)</li> <li>- Organische PV und Gebäudeintegration</li> <li>- Gesteuerte Infrarotabsorption durch Folien</li> <li>- Selbstadaptive PV-Membran (beschichtet auf beiden Seiten, verspiegelt)</li> <li>- Optimierung von solaren Gewinnen durch Nanogeometrien (Optimierung der Oberfläche, z.B. analog zur Sonnenblume)</li> <li>- Textil mit „aufgedruckter“ PV</li> <li>- PV + Verschattung = 1 Element</li> <li>- Lüftung hinter PV-Membran</li> <li>- Gebäudeintegrierte Solarthermie (in Material)</li> </ul> </li> </ul>
4.4 ENERGIEMANAGEMENT	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ VERNETZUNGEN, SYNTHESSEN               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intelligente Netze (Siedlungen, die kommunizieren)</li> <li>- Gebäude als Kraftwerk - Einspeisung von Überschüssen ins Netz</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ E-MANAGEMENT IM GEBÄUDE               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebäude regelt aktiv - Smart Grid, Kopplung mit Wettervorhersage</li> <li>- Intelligente Gebäudeautomatisierung</li> <li>- Trennung Information - Stoff - benötigt Technik Sensorik, Aktuatoren</li> </ul> </li> </ul>
4.5 ROBOTIK	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ ROBOTIK IM GEBÄUDEBETRIEB               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sanierungsroboter bevölkern Fassade</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ ROBOTIK BEIM BAU               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baurobotik für automatisierten Ablauf</li> </ul> </li> </ul>

### 3.3 „Potenziale eröffnen“ – Ideenverdichtung und Selektion



Gegenstand dieser Phase ist die Aufbereitung, Verdichtung und das Review der Ideen aus Phase 2, sowie die Identifikation von technologischen High Potentials, die sich mit der Bionik gut verknüpfen lassen. Die Identifikation ist wiederum durch Workshops, Interviews und dem direkten Austausch mit Expert/innen aus der Bionik erfolgt. Letztendlich sind die Ergebnisse



dieser Phase, wie auch die der vorangegangenen Phase, Potenzialerhebungen, die aus der Vernetzung mit den Akteur/innen entstanden sind. Eine tatsächliche Umsetzbarkeit der einzelnen Ideen muss über Vorstudien zu Forschungsprojekten anhand konkreter Aufgabenstellungen erhoben werden. Jene Ideen, die ein hohes Innovationspotenzial von Akteur/innen haben, welche die Fortführung zu Projektanbahnungen weiter verfolgten, wurden mithilfe von Recherchen unterstützt. Zweck war die Erkennung und Forcierung der Konvergenz für weiter bearbeitbare Themen. Parallel dazu wurde in dieser Phase auch das Vernetzungsmodell evaluiert.

### 3.3.1 [Aktion] Kooperationen und Projektentwicklung

Abhängig von den teilnehmenden Expert/innen und deren Kooperationswünschen wurde der 3. Expert/innen-Workshop genutzt, um eine Kooperationsbörse für etwaige weitere Fachpersonen zu starten. Da der 3. Expert/innen-Workshop im Rahmen des internationalen Bionik-Symposiums ‚bionik-A‘ in Villach vom 6. bis 8.10.2010 stattfand, hatten die Teilnehmer/innen auch Zugang zur internationalen Bionik.

Durch eine Präsentation des Vernetzungsprojekts vor einem internationalem Fachpublikum, sowie der Kooperationsbörse in der Ausstellungsfläche wurde die Intention des Projekts international bekannt gemacht. Dabei bot sich dem Projekt Baubionik Potenziale die Gelegenheit, weitere Aktivitäten für eine strategischen Vernetzung und inhaltliche thematische Vertiefung zu setzen. Die 3-tägige Veranstaltung umfasste neben dem Symposium auch die General Assembly des BIONIKON International, der internationalen Bionik-Vereinigung, sowie eine internationale Firmenausstellung für bionischer Produkte und Projekte.

Abbildung 16: Formular für die Kooperationsbörse – Expert/innen

### 3.3.2 [Ergebnis] Entwicklungen in der Bionik - ‚Technologiereports‘

In dieser Phase wurden die gesammelten Ideen potenziellen bionischen Technologien gegenübergestellt, welche bereits konkrete Lösungen beinhalten könnten und deren Innovationsgrad als mögliche bionische Schlüsseltechnologien für das Plus-Energie Gebäude bewertbar ist.

#### Erhebungsumfang

Bei den Recherchen existenter bionischer Projekte und Produkte wurden vorwiegend gut publizierte und bekannte Projekte gewählt, zu denen ausreichend Information zur Verfügung stand. In der nachstehenden Auflistung (Tabelle 3) sind bekannte laufende Bionik-Projekte

zum Teil nicht integriert, da der Zugriff auf die nötigen Daten zur Beschreibung nur bedingt oder unzureichend möglich war. Das bedeutet, dass es über diese Liste hinausgehend eine Vielzahl an Aktivitäten gibt, welche sich mit Bionik und Energieeffizienzsteigerung beschäftigen, auf die jedoch nicht eingegangen werden konnte.

Die Erhebung von Projekten wurde im Rahmen der Themenrecherchen, der Expert/innenworkshops, der Interviews mit unterschiedlichsten Expert/innen und der vertieften Recherchen im Anschluss an die Workshop-Ergebnisse in der Zeit zwischen Juni 2010 und Oktober 2011 durchgeführt.

Die Sammlung wurde auch anderen F&E-Projekten im Förderprogramm „Haus der ZukunftPlus“ zur Verfügung gestellt. So wurden z.B. im Rahmen des Technologiescreenings im HdZ Projekt *FUTUREbase* Daten aus der Erhebung verwendet, um Potenziale der Bionik für ein konkretes Plus-Energie-Bauvorhaben zugänglich zu machen (Preisler et al, 2012).

#### Qualitatives Bewertungsschema für die Technologiereports

---

Für eine Bewertung der vorgestellten Projekte und Produkte in Bezug auf deren Potenzial für Plus-Energie Gebäude wurde ein schematisch stark vereinfachtes qualitatives Bewertungsmodell entwickelt, welches zur Erstorientierung dienen soll. Anhand qualitativ zusammengestellter Kriterien wurde der Innovationsgrad, das Anwendungspotenzial für die Thematik oder der Entwicklungsstand beurteilt. Dabei wurde vordergründig festgestellt, ob die Projekte und Produkte eine Relevanz für die Aufgabenstellung aufweisen können und ob ausreichend Information vorhanden ist, um diese in die Struktur eines Technologiereports übertragen zu können.

#### BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG TECHNOLOGIEREPORTS - Potenzial für Plus-Energie Gebäude

POTENZIAL	SEHR HOCH	HOCH	GÜNSTIG	MÄSSIG	GERING	UNERHEBLICH
INNOVATIONSGRAD						
ENTWICKLUNGSGRAD						
EINSATZFÄHIGKEIT						
BEITRAG PLUS-ENERGIE						

Abbildung 17: Bewertungsschema für das Innovationspotenzial in den Technologiereports

Eine fundierte Evaluierung der jeweiligen vorgestellten Produkte und Projekte würde umfassende Marktstudien voraussetzen, welche im Projekt nicht durchführbar wären. Daher wurde die Einschätzung des Potenzials durch das Projektteam aufgrund evidenter Kriterien durchgeführt:

Innovationsgrad/Neuheit: Wie hoch ist der Innovationsgrad des/r vorgestellten Produkts/Methode/Konzepts in Bezug auf einen möglichen Einsatz im Plus-Energie Gebäude? Wie neuartig wäre die Verwendung des Produkts/Methode/Konzepts in diesem Zusammenhang? Wäre eine Weiterentwicklung des Produkts/Methode/Konzepts für den Einsatz in Gebäude innovativ?

- Sehr hoch: kein gebauter Prototyp bekannt, Beschäftigung in der angewandten F&E dem Projektteam nicht bekannt
- Hoch: Indizien für Behandlung durch F&E bereits vorhanden, keine Produktentwicklungen, etc. bekannt
- Günstig: Prototypen/Einzelanwendungen in Demoprojekten oder Objekten mit Kunstcharakter/Schaucharakter bekannt
- Mässig: Prototypvarianten vorhanden, ähnliche Anwendungen bereits in geringen Stückzahlen vorhanden
- Gering: seltene Anwendungen, vermutete Barriere für Marktdurchdringung liegt eher am Markt und nicht an der Technologie
- Unerheblich: könnte bereits Standard sein, Produkt ist am Markt

(Technologischer) Entwicklungsgrad/Machbarkeit aus technologischer Sicht: Wie hoch ist der Forschungs- und Entwicklungsbedarf des Produkts/Methode/Konzepts, um für den Einsatz in Gebäude verwendet zu werden? Wie hoch ist das F&E Risiko, bzw. derzeit schwer planbare Unabwegbarkeiten bei der Entwicklung?

- Sehr hoch: alle Komponenten bereits Standard, einzig die Kombination wäre neu, aber ohne F&E-Risiko
- Hoch: alle Komponenten Standard, Kombination mit geringem Risiko
- Günstig: geringes Forschungsrisiko, reine Entwicklungsarbeit
- Mäßig: hohes Forschungsrisiko, jedoch bei ähnlichen Beispielen erfolgreiche Umsetzung gelungen
- Gering: sehr hohes Forschungsrisiko, möglicherweise nur Teilerfolge, Erfolge auch von weiteren Entwicklungspfaden (z.B. eingesetztes Material, etc.) abhängig
- Unerheblich: keine Risikoeinschätzung möglich, da vollkommenes Neuland, vermutlich hochkomplexe Umsetzung, einzelne Komponenten derzeit nur visionär

Einsatzfähigkeit/Anwendungspotenzial: Wie realistisch ist die Integration des Produkts/Methode/Konzept in das Gebäude hinsichtlich des technischen/methodischen Reifegrads für den Einsatz, der Verfügbarkeit am Markt und der wirtschaftlichen Realisierbarkeit? Gibt es wesentliche – auch nicht technologische - Barrieren zum Einsatz, zur Umsetzung oder auch zur Beforschung, welche aus heutiger Sicht bekannt, jedoch ohne Umgestaltung von Rahmenbedingungen (noch) nicht beseitigbar sind?

- Sehr hoch: sehr hohe Marktakzeptanz zu erwarten, begünstigt Image, sehr einfach umsetzbar, Nutzen selbsterklärend
- Hoch: einfach erklär- und nachweisbar, Marktakzeptanz von Rahmenbedingungen abhängig aber vorhanden
- Günstig: technisch grundsätzlich erklärbar, Nutzen grundsätzlich ausweisbar, aber nicht plakativ
- Mässig: Marktakzeptanz linear von Erfüllung eines technischen Nutzens abhängig (zB reine Kosten-Nutzen-Rechnung, Return of Investment ROI <5 Jahre ...), Integrationsfähigkeit noch zu testen
- Gering: Marktakzeptanz muss erst geschaffen werden, jedoch realistisch, ROI >>, positiver Erfolgsfaktor fraglich, benötigt gravierende Änderung von Bedingungen (zB. Gewohnheiten)
- Unerheblich: kaum Marktakzeptanz vorhanden, ethisch bedenklich, exorbitant hohe Kostenstrukturen, etc.

Potenzial für Plus-Energie Gebäude: Wie ist die Einschätzung des Produkts/ Methode/ Konzept hinsichtlich des Energieeinsparungspotenzials oder des Energiegewinnungspotenzials sofern dieses einschätzbar ist? Hat das Produkt/ Methode/ Konzept ein Potenzial als Schlüsseltechnologie für Energieeinsparung oder Energieumwandlung, und kann damit einen unmittelbaren Beitrag zur positiven Bilanzierung des Plus-Energie Gebäudes geleistet werden?

- Sehr hoch: innovativer Durchbruch für energieeffizientes Bauen der nächsten Generation mit über den Bausektor hinausreichenden positiven Konsequenzen („Plus-Energie“-Anteil >> lokale Energieversorgung)
- Hoch: entscheidender Fortschritt im Bausektor bzw. im Energieverbrauchssegment Gebäude, gut sichtbarer Impuls für zukünftige Verbrauchsreduktion Richtung Null bzw. Generation von Strategien für Plus-Energie
- Günstig: möglicher Durchbruch in einem Teilaspekt zur Gebäudestruktur/-technologie, Benefit als innovative Teilkomponente möglich (zB im Bereich der passiven Konditionierung, Konstruktion oder Regelung)
- Mässig: erkennbarer Beitrag in einem kleinen Teilaspekt oder geringer Beitrag zu gewichtigeren konventionellen Entwicklungen, Verbrauchsreduktion in geringem Ausmaß erkennbar
- Gering: nur marginaler Beitrag zur Verbrauchsreduktion zu erwarten oder eindeutige Reduktion in einem marginalen Teilaspekt
- Unerheblich: keine Energieverbrauchsreduktion und keinerlei Erzeugungspotenzial erkennbar, reiner Schauintention ohne technischer Funktion, Erhöhung von Verbrauch nicht ausgeschlossen

## Struktur der Technologiereports

---

Die einheitliche Struktur der Kopf- und Fußzeile der Technologiereports soll dazu dienen, die vorgestellten Maßnahmen einer übergeordneten Gliederung in Funktion, Aktionsfeld und einem potenziellen Einsatzbereich zuordnen zu können.

FUNKTION	Funktionszuordnung, wie z.B. Energiebereitstellung, Leichtbau
AKTIONSFELD	[BIONISCHE KRITERIEN] Mensch und Bionik [BIONISCHE KONZEPTE] Integrale Theorien und systemische Grundlagen [BIONISCHE METHODEN] Bionisch orientierte Planungstools und Methoden [BIONISCHE PRODUKTE] Bionisch inspirierte technische Produkte
EINSATZBEREICH	Anwendungsbereich, wie z.B. Raumwärmeerzeugung, Stromerzeugung, Warmwasserbereitstellung, Dämmung, Konstruktion, Statik, etc.; auch Methodenanwendungen, wie z.B. Simulation, Verfahrenstechnik, Energielogistik

Die Daten wurden wie folgt strukturiert:

Daten zum bionischen Produkt / Projekt:

- Projekttitle und Bildbeschreibungen (mit Quellenangaben)
- Kurzbeschreibung
- Anwendungsgebiet(e)

Daten zum Bionik Potenzial (nur ausgefüllt falls Daten bekannt):

- Biologische(s) Vorbild(er)
- Evtl. Biologisches Grundprinzip (falls Information vorhanden)
- Evtl. traditionelle technische Analogien (falls Information vorhanden)
- Vorteile und Nachteile des bionischen Produkts (falls bekannt)

Stand der Umsetzung / Marktintegration (nur ausgefüllt falls Daten bekannt):

- Anwendungsbeispiel(e)
- Weiterführende Informationen und Referenzen
- Baubionik Potenziale Bewertungsschema

Die Technologiereports sind als im Annex 2 nachzulesen.

Tabelle 3: Auflistung der identifizierten Bionik-Projekte und Bionik-Produkte. Die Technologiereports sind in der rechten Spalte angegeben (siehe Annex 2).

## ÜBERSICHT recherchierter BIONIKPRODUKTE und BIONIKPROJEKTE (Technologiereports)

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungs- potenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Strukturen und Konstruktionen</b>								
<b>Leichtbau</b>	Bienenwaben	Die Verbindung von 2 Flächen mit orthogonalen Trennflächen erfolgt mathematisch mit dem geringsten Flächenaufwand mittels sechseckiger Strukturen	Komposit-Werkstücke , wie zB Honeycomb-Sandwich	neue Waben- versteifungen für Verbundmaterialien	Ein Honeycomb-Sandwich mit behandelter Zellulose oder Karton als Füllmaterial kann bisherige Sandwichplatten substituieren. Anwendungen für transparente Paneele (TWD, Fassadensysteme)	Almut Pohl, 2009: Strengthened corrugated paper honeycomb for application in structural elements, Diss - ETH ZURICH Super-Hydrophobic Properties of Self-Organized Honeycomb-Patterned Polymer Films M.Shimomura, Tohoku University, Sendai	www.the-wall.ch	T.1.01
		Eigenschaften natürlicher Materialien hinsichtlich Festigkeit, Steifigkeit, Zähigkeit und Elastizität	Tensairity® - pneumatische Strukturen, eine Kombination aus Membranen (Luftkissen) und Kabel-/Stangenverspannung zur Stabilität	Leichtbausystem mit grosser Tragkraft, kompaktem Transport, schnellem Auf- und Abbau	Leichtbau, Temporärbau mit Belastung (Überdachungen, Brücken, etc)	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA , Rolf Luchsinger  prospective concepts ag (Erfinder)  Airlight LTD	www.empa.ch  www.prospective-concepts.ch/html/projekte/tensairity.html  www.airlight.bz	-
	Strukturen (spiralförmige Symmetrie) Zellstrukturen	Stabwerk, in dem sich die Stäbe untereinander nicht berühren - Zugelemente	Tensegrity-Strukturen oder Tensegrity-Bauwerke	Stabile Konstruktionen aus Seilen und Stäben	weniger Material als herkömmliche Bauwerke, schnelles De-/Montieren	Uni Kassel Buckminster Fuller Einige Architekturbauten		T.1.02
<b>Schalenbauweise, Membrane, Pneu</b>	Schwimmbläse , Erythrozyten	Pneus sind gängige biologische Strukturen	Temporäre Pneus für die Produktion organischer Flächen mit Textilbeton oder biogenen Verbunden	Biocomposit, individuell beliebig geformter Pneu	kostengünstige Freiformflächen, einfache Produktion vor Ort, geodätische Flächen	Helbig, Uwe, 2006, Gestaltungsmerkmale und mechanische Eigenschaften druckelastischer Abstandsgewirke, Dissertation, Chemnitz Fa. Organoid: organiods Fa. Concretcanvas: concrete cloth	www.organoids.at  www.concretcanvas.co.uk	T.1.03
<b>Schalenbauweise</b>				Morphogenetic Design Approach, digital Fabrication		COCOON_FS, Julia und Goran Pohl, äusserst belastbares Verbundsystem aus Glasfasern; PLANKTONTTECH		-

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungs- potenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Strukturen und Konstruktionen</b>								
<b>bewegliche Verbindung</b>	Fischflossen - Bewegung bei seitlicher Kraft- einwirkung	selbstadaptive Strukturen, adaptive Form	Fin Ray Effekt ® (Fischflosseneffekt)	Technische Konstruktion - Dreieck aus biegeelastischen Längs- und Querstreben, die elastisch miteinander verbunden sind	Konstruktiver Ingenieurbau - bewegliche Teile (dauerhafte Flexibilität und Nachgiebigkeit), gelenksartige bewegliche Verbindungen	Evologics GmbH  Festo GmbH	<a href="http://www.festo.com/cms/de_de/13384.htm">www.festo.com/cms/de_de/13384.htm</a>  <a href="http://www.evologics.de">www.evologics.de</a>	-
<b>Wandelbare Leichtbau- elemente</b>	Paradiesvogel- blume (Strelitzie)	beliebig häufige Verformung des Blattes ohne Materialermüdung - reversible elastische Deformation.	Flectofin ® Glasfaser- Verbundstoff (gelenkfreies Klappen) - Kinematische Fassade	Konstruktion einer beweglichen Sonnenschutzlamelle ohne Gelenk - Klappbewegung auf Basis elastischer Verformung (Anpassung an Gebäudekrümmungen)	Gelenkfreie Fassaden- verschattung bei starker Belastungen durch Formadaption, Minimierung des Wartungsaufwande s für Verschattungs- systeme	Plant Biomechanics Group Freiburg, Universität Freiburg, Botanischer Garten, Prof. Thomas Speck, Dr. Tom Masselter, Dipl. Biol. Simon Poppinga  Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) Denkendorf, Dr.-Ing. Markus Milwich, Dr.-Ing. Thomas Stegmaier, Petra Schneider  Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, Universität Stuttgart, Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers, Dipl.-Ing. Julian Lienhard, M. Arch. Simon Schleicher  Clauss Markisen Projekt gmbH, Biss-Ochsenwang, H.F. Schur	<a href="http://www.itke.uni-stuttgart.de">www.itke.uni-stuttgart.de</a>  <a href="http://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de">www.botanischer-garten.uni-freiburg.de</a>	-
<b>Bionische Funktionen, Prozesse und Methoden</b>								
<b>Geometrie- optimierung, Funktionale Oberflächen</b>	Phyllotaxis der Pflanzen	Gesetzmäßigkeit der Blattstellungen von Pflanzen - „Blätter sind am Stängel nicht wahllos angeordnet, sondern ihre Anordnung folgt vielmehr bestimmten Regeln	PLY Architecture, Shadow Pavilion;  Taichung Convention Center, Taiwan:  MAD architects	Geometrische Formanpassung analog zur Fibonacci Theorie bzw. Phyllotaxis	Simple Geometrie, Optimierung von Form, Solarformen: Solartechnologien/ Oberflächengeome- trie zur besseren Ausbeute der Solarstrahlung (functional surfaces, Nanotechnologien)	PLY Architecture MAD architecture  Forschung, zB.: Prof. Patrick Shipman, Department of Mathematics, Colorado State University  uvm.	<a href="http://www.plyarch.com">http://www.plyarch.com</a> <a href="http://www.i-mad.com">http://www.i-mad.com</a>  <a href="http://www.math.colostate.edu/~shipman/Phyllotaxis-and-Growth-in-Biological-Systems.html">http://www.math.colostate.edu/~shipman/Phyllotaxis-and-Growth-in-Biological-Systems.html</a>	T.1.04

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungs- potenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Funktionen, Prozesse und Methoden</b>								
<b>Struktureller Leichtbau</b>  <b>Nachhaltige Trag- konstruktion</b>	Plankton, Diatomeen	Konstruktionsprinzipien der Kieselalgen, Diatomeen - maximale Stabilität, Tragweiten bei minimalem Materialeinsatz	BOWOOS - bionic optimized wood shells with sustainability, Pavillion - Studentenprojektz mit Ausstellung	Entwicklung nachhaltiger, flexibler und demontabler Leichtbaulösungen für Schalen- und Faltwerkkonstruktions- weisen von Dächern mit dem nachwachsenden Rohstoff Holz	Holz- Schalenbauweise für besonders effiziente, weitspannende Tragwerke	Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes HTW, Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen, Prof. Göran Pohl; Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ruth ; AWI - Alfred Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz- Gemeinschaft, Dr. Corinna Dubscha; Universität des Saarlandes, Botanischer Garten, Dr. Wolfgang Stein; Leichtbauinstitut JENA , Dipl.- Ing. Julia Pohl  Paul-Stephan GmbH & Co. KG, HOLZLEIMBAU • INGENIEURBÜRO	www.bowooss.de  www.awi.de/de/go/ bionik	-
<b>Methoden zur Form- optimierung und Material- reduktion</b>	Fresszellen (Osteoclasten) in Knochen beseitigen nicht tragende Bereiche;	SKO-Methode (Soft-Kill- Option), mit der Leichtbauteile über Computersimulation optimiert werden, indem nur für die Funktion wesentliches Material im Bauteil verwendet wird (Belastungsspitzen können vorkommen)	Kombination beider Methoden führt zu hochbelastbaren, form- und gewichtsoptimierten Leichtbauweisen, Effiziente Verwendung von Baumaterialien, Gewichtersparnis		Optimierung von tragenden Strukturen (Fassadenprofilen, Massivbauteile wie Deckenkonstruktion en, etc)	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Material-forschung II, Abteilung Biomechanik, Prof. C. Mattheck	www.iam.kit.edu/wbm/424 .php  Artikel: http://www.asknature.org/ product/99d6740a0a07a9d 003480f1c414ee177	T.1.05
	Wuchsformen von Bäumen, mechanisch belastete Strukturen, wie Astgabelungen bei Bäumen, Knochen	CAO-Methode (Computer Aided Optimization), Formgebung von belasteten Bereiche technischer Bauteile solange strukturell optimiert bis eine konstante Zug/Druckspannungsvert eilung eintritt						

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungs- potenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Funktionen, Prozesse und Methoden</b>								
<b>Optimierungs- verfahren für strukturellen Leichtbau</b>	fraktale Schalenstruktur mariner Kieselalgen, Radiolarien (Arachnoidiscus)	Einzellige Kieselalgen besitzen häufig fraktal strukturierte Schalen, deren Versteifungen nicht gleichzeitig als Trennwände fungieren, die Prinzipien dieser Leichtbaueigenschaften werden übertragen.	ELISE - Evolutionary Light Structure Engineering-Verfahren (ELISE): Windenergieanlagen im Offshorebereich (Gewichtersparnis von fast 50 %) Leichtbaufolgen	konstruktiver Leichtbau -neuartige Konstruktionsprinzip aus radialen und konzentrischen Streben ermöglicht höchst homogene Spannungsverteilung	Leichtbaustrukturen mit Anspruch auf optimale Materialausnutzung und Gewichtsreduzierung bei homogenen Spannungsverteilung	imare	www.imare.de  www.elise3D.de	T.1.06
	Plattenskelett des „Sanddollars“ (Unterart des Seeigel (Echinoidea))	Schale hat modularen Aufbau aus polygonalen Platten, welche miteinander fingerähnlich durch Kalzit-Projektionen verzahnt sind.	Forschungspavillon ICD/ITKE	temporärer bionischer Versuchsbau aus Holz - Übertragung biologischer Strukturbildungsprinzipien mittels computerbasierter Entwurfs- und Simulationsverfahren, computergesteuerter Fertigungsmethoden	Entwicklung einer Segmentbauweise mit hoher Anpassungsfähigkeit, Leistungsfähigkeit (=beanspruchbare Strukturen) Vorfertigung von Elementen (Holzbauweise)	Universität Stuttgart, Institut für Computerbasiertes Entwerfen (ICD), Prof. Achim Menges; Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE), Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers  Fa. Ochs GmbH, KUKA Roboter GmbH	www.itke.uni-stuttgart.de/entwicklung.php?id=25	T.1.07
<b>Computational Design und Rapid Manufacturing</b>	biologische Strukturen unterschiedlicher Herkunft (Seeigel,	Übertragung biologischer Strukturbildungsprinzipien	Case Studies F&E: zB HydroScope, Installation at Centre Pompidou, Paris @ Uni Stuttgart	Computational Design mit Schwerpunkt auf den integrativen Ansatz in der Modellierung, Entwicklung, Herstellung und Betrieb von dreidimensionalen Objekten in der Architektur.	Zielsetzung: Planungsaufwand (HR) und Entwurfsausgaben (Druckkosten) zw 30%-50% niedriger als bei konventionellen Konstruktionsplanungen	Universität Stuttgart, Insitut für Computational Design, Prof. Achim Menges	http://icd.uni-stuttgart.de/www.achimmenges.net	T.1.07
			D-Shape - Freeform Architectural 3D Printing - adaptive construction (Wollak, 2011)		Computerbasierte generative Entwurfsverfahren, Computer-gesteuerte Herstellungsverfahren, Robotische Fertigungsverfahren in der Architektur	Monolite UK Ltd. , Enrico Dini	www.biomimetic-architecture.com/2012/d-shape-freeform-architectural-3d-printing/	T.1.07



BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungs- potenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Funktionen, Prozesse und Methoden</b>								
<b>Solare Energie- produktion</b>	Photobiologische Wasserstoff- produktion	Ziel hierbei ist, mittels einer künstlichen Symbiose aus photoautotrophen Grünalgen und photoheterotrophen schwefelfreien Purpurbakterien, Wasser in Sauerstoff und den universell einsetzbaren Energieträger Wasserstoff zu spalten		Energieproduktion (Wasserstoff) am Gebäude, das System kann in die Fassade integriert werden. Beitrag zum Plusenergiegebäude (Brennstoffzelle)		Fachgebiet für Bionik und Evolutionstechnik der Technischen Universität Berlin	<a href="http://www.bionik.tu-berlin.de/">http://www.bionik.tu-berlin.de/</a> Info: <a href="http://www.biokon.net/biokon/proj_photobiowasserstoff.html">http://www.biokon.net/biokon/proj_photobiowasserstoff.html</a>	-
<b>Solare Energie- produktion</b>	Lichtabsorptions- fähigkeit von Blättern	Blätter können mehr Licht absorbieren als technische PV-Lösungen (Solarzellenwirkungs- grad sinkt stark bei langwelligem Ende des Spektrums (rot) - bei IR wird praktisch kein Licht mehr absorbiert, Blätter können bis zu 600% mehr Licht absorbieren).	F&E 1 - Versuchsstadium: biomimetic solar cell design - Steigerung der Lichtabsorption und Effizienz durch neue Methoden in der Herstellung  F&E 2 - Versuchsstadium an einer Polymer Solarzelle (PSC) mit hohen Transparenzgrad	Einsatz eines relativ günstigen Kunststoffes und von ultravioletterem Licht, um eine Schicht aus flüssigem photografischen Klebstoff auszuhärten  ad 2) neuartige Polymer-Solarzelle (PSC), die Energie durch Absorption im IR-Bereich produziert --> Transparenzgrad liegt bei 70%	Solarzellen aus Kunststoff (flexibler, biegbar, billiger als Silizium-Zellen; aber weniger effizient)  ad 2) Anwendung auf transparente Flächen (Fenster, Smarte Glastechnologien, Gebäudeintegrierte PV, ...)	ad 1) Princeton University, Chemical and Biological Engineering, Organic and Polymer Electronics Laboratory, Jongbok Kim  ad 2) UCLA Henry Samueli School of Engineering and Applied Science, UCLA's Department of Chemistry and Biochemistry, Nano Renewable Energy Center at California NanoSystems Institute (CNSI), Prof. Yang Yang	ad 1) <a href="http://www.princeton.edu/cbe/people/faculty/loo/group/research/">www.princeton.edu/cbe/people/faculty/loo/group/research/</a>  ad 2) <a href="http://www.sustain.ucla.edu">www.sustain.ucla.edu</a>  <a href="http://newsroom.ucla.edu/portal/ucla/ucla-researchers-create-highly-236698.aspx">http://newsroom.ucla.edu/portal/ucla/ucla-researchers-create-highly-236698.aspx</a>	-
	Photo- synthetischer Prozess bei Pflanzen	Photosynthese	F&E - Versuchstadium einer Artificial Leaf - Solare Brennstoffzelle (bezogen auf Vortrag von D. Nocera am 241st National Meeting of the American Chemical Society)	Artificial photosynthesis - Nachahmung der Photosynthese aus stabilen und kostengünstigen Materialien	Strom für autarke Regionen ohne Netzversorgung, Entwicklungsgebiete (mit nur 1l Wasser soll 1 Haushalt in einem Entwicklungsgebiet versorgt werden können)	MIT Massachusetts Institute of Technology, Department of Chemistry, Daniel Nocera Ph.D.	<a href="http://nocera.mit.edu">http://nocera.mit.edu</a>	-

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungs- potenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Materialien und Komponenten (Innovative Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe mit spezifischen Eigenschaften, wie z.B. Anpassungsfähigkeit )</b>								
<b>Selbst-reparierende Stoffe</b>	Pfeifenwinde (eine nord-amerikanische Liane)	Die Pfeifenwinde repariert einen Riss in ihrem Festigungsgewebe dadurch, dass sie ihn mit Zellen aus dem Grundgewebe stopft, die in den Riss hineinquellen. Dann beginnen sich die Grundgewebezellen zu teilen und dichten die Verletzung völlig ab.	Selbstreparierende Membranen für Tensairity	Nach diesem Prinzip entwickelten Wissenschaftler einen Polyurethanschaum, in dem Überdruck und Vorspannung herrscht, und beschichteten damit Membranen (Tensairity-Technologie). Die Zeitspanne, in der der Druck im Inneren der Membrankörper absinkt, konnte bei Verletzungen mit Nägeln auf das 100- bis 1000-fache verlängert werden	Selbstreparierende Membranen	Fakultät für Biologie der Uni Freiburg, Plant Biomechanics Group Freiburg, Prof. O. und T. Speck  Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA , Rolf Luchsinger	<a href="http://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm">http://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm</a>  Artikel: <a href="http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00172/index.html?lang=de&amp;artikelid=/artikel/02821/index.html">http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00172/index.html?lang=de&amp;artikelid=/artikel/02821/index.html</a>  <a href="http://www.empa.ch">www.empa.ch</a>	-
<b>Selbst-regulierende Funktionsmaterialien</b>	Hornisennester (mehrschichtiges strukturiertes Leichtbausystem mit Thermo-regulation)	Hornisennester bestehen aus einem Holz-Speichel-Gemisch und Wabenstrukturen, welche die Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Nest konstant hält - natürliche Thermoregulation trotz Leichtbau - konstante Innentemperatur.	F&E Studie an EMPA: Atmungsaktives Funktions-Holz-gemisch	Entschlüsselung der relevanten thermodynamischen Vorgänge, des Konstruktionsprinzips → konditionierbare Leichtbauten ohne Speichermasse; Werkstoff Holz als passiver Dämpfer gegen unerwünschte Schwankungen des Rauminnenklimas	Thermoregulierende Materialien oder Systeme zur Unterstützung des der Konditionierung des therm. Innenraumkomforts  Materialalternative bei Einsatz in Leichtbaukonstruktionen ohne therm. Masse	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA, Angewandte Holzforschung, R. Klingner	<a href="http://www.empa.ch">www.empa.ch</a>	-
<b>Selbst-reinigende Oberflächen</b>	Pflanzen - Oberfläche des Lotusblattes	superhydrophobe nanostrukturierte Oberfläche	Lotus Effekt ®  Anwendung von einigen Produktanbietern zu Farben, Lacke, Kosmetik, Beschichtungen, etc.	Durch super-hydrophobe Materialien und Nano-Oberflächenstrukturierung perlt Wasser ab und reißt so Schmutzpartikel mit.	Dachziegel, Fassadenputze und Fassadenfarbe und Glasflächen wurden entwickelt, die sich bei Wasserzufuhr selbst reinigen. Verringerung des erforderlicher Zeitaufwand f Reinigung, geringerer Einsatz von Reinigungs- oder Putzmitteln	Nees-Institut für Biodiversität der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Prof. Dr. Wilhelm Barthlott, C. Neinhuis	<a href="http://www.nees.uni-bonn.de/">www.nees.uni-bonn.de/</a>  Produktinfo: <a href="http://www.lotus-effekt.de">www.lotus-effekt.de</a>	-

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungspotenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Materialien und Komponenten (Innovative Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe mit spezifischen Eigenschaften, wie z.B. Anpassungsfähigkeit )</b>								
<b>Nano- materialien</b>		Funktionale Oberflächen auf Nanoebene in Organismen, Sol-Gel Chemie, Nanopartikeln, etc.	Maßgeschneiderte Sol-Gel-Materialien: Functional Aerogele und Dünnschichtmaterialien (zB Silica-Aerogel mit integrierter Zellulose und Lumineszenzfarbstoff)	Sol-gel Methodik um intelligente multifunktionale Aerogele, Xerogele oder Dünnschichtmaterialien herzustellen	high-performance insulation, optical materials, coatings and multilayers for large aerea glazing and façade systems	EMPA, Forschungsbereich BAutechnologien – Gebäude und Nanomaterialien: Matthias Koebel (und Digambar Nadargi, Shanyu Zhao)	<a href="http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/106945">http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/106945</a>	-
<b>Smarte Funktions- oberflächen durch Nano- Struktur- ierung</b>	Flügel der Zikade	Nanostruktur der Flügel verhindert Reflexionen	F&E Universitätsprojekt	Reflexionen von solarthermischen oder PV Modulen kann stark vermindert werden -> keine Blendeffekte mehr		Centre for Nanoscale Science and Technology, Beijing National Laboratory for Molecular Sciences, State Key Laboratory for Structural Chemistry of Unstable and Stable Species; College of Chemistry and Molecular Engineering, Universität Peking	<a href="http://www.thenanoresearch.com">www.thenanoresearch.com</a> <a href="http://www.chem.pku.edu.cn/index.php?styleid=2">www.chem.pku.edu.cn/index.php?styleid=2</a>  Artikel: Xie et al, 2008, S. 2ff	-
	Morphofalter, Käferarten	Strukturfarben, photonische Farben (Kristalle) - Farbgebung ohne Pigmentierung, Vielschichtinterferenz	Studie / Architektur: Sonnenschutzsystem - Nanostrukturierung für Lichtumlenkung	Nanotechnologien - Strukturelle Oberflächenentwicklung um Eigenschaften steuern zu können (Wärme, Farbgebung - Absorptionsverhalten, Lichtdurchlassgrad, etc.)	Neuartige Sonnenschutzsysteme, Beschichtungen auf transparenten Flächen (Verglasung) mit selektiven Eigenschaften, die über den Wärmeschutz hinaus gehen (Lichtlenkung, Strahlungsfiltration, Farbgebung ohne Pigmentierung)	Universität Stuttgart, J. Knippers	<a href="http://www.itp.uni-hannover.de/~zawischa/ITP/vielstrahl.html">http://www.itp.uni-hannover.de/~zawischa/ITP/vielstrahl.html</a>	-
<b>Entwicklung extrem harter Materialien</b>	Perlmutter bei Muscheln, Schnecken (Verbundmaterial aus Calciumcarbonat und organischem Material - Polymer-Keramik Verbindung)	Biominalisation - Ein Werkstoff mit dieser Kombination erreicht eine extrem effektive Stabilität und Beständigkeit, sowie Spannungs-aufnahme (Zugkraft) - hohe mechanische Stabilität und Biegefestigkeit	F&E: Entwicklung von Methoden und Materialien	Entwicklung von extrem stabilen, leichten und schlanken Materialien (Profile, Komponenten), die je nach Beanspruchung (z.B. Windkraft) stabilisierend wirken	Kratz- und bruchfeste Komponenten bei aussenliegenden Systemen (zB Verschattungsprofile, Aufhängungen, etc.) die stark beansprucht werden.  Widerstandsfähige kratzfeste Beschichtungen	INM Leibniz-Institut für neue Materialien, Biominalisation, PD Dr. Ingrid Weiss;  Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Standort Stuttgart, Dr. Zaklina Burghard	<a href="http://www.inm-gmbh.de/de/forschung/materialien-in-der-biologie/biominalisation">www.inm-gmbh.de/de/forschung/materialien-in-der-biologie/biominalisation</a>  <a href="http://www.is.mpg.de">www.is.mpg.de</a>	-

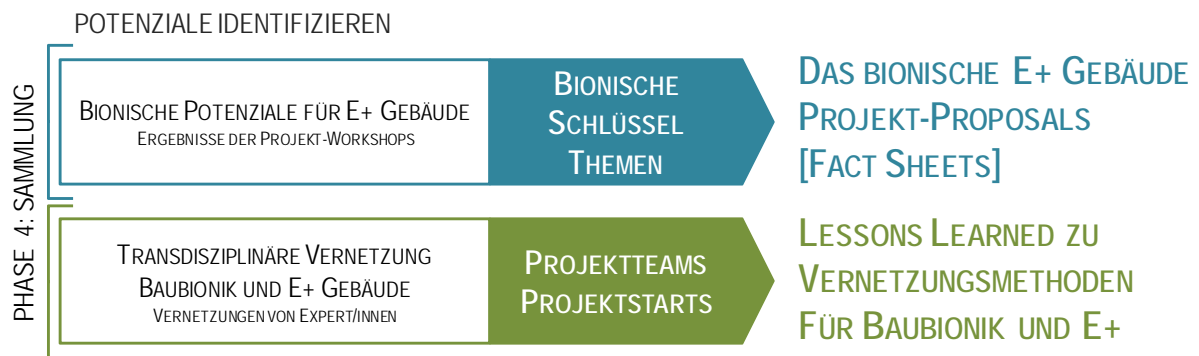
BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungspotenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Materialien und Komponenten (Innovative Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe mit spezifischen Eigenschaften, wie z.B. Anpassungsfähigkeit )</b>								
<b>High-Tech Textilien für Wasser- versorgung</b>	Wüstenpflanzen und Wüsteninsekten, zB Namib-Dünengras (Stipagrostis sabulicola) oder Namib-Käfer	Sammeln Nebelwasser - effiziente nebelabscheidende biologische Oberflächen (nano-strukturierte Oberflächen)	Faserbasiertes 3D-Material mit Mikro- und Nanostrukturen, Oberflächenbeschichtung (Maximalausbeute der textilen Nebelkollektoren zw 3 (Namibwüste) und 55 Liter (Südafrika) / m <sup>2</sup> Gewebe und Tag)	Textiler Werkstoff, der nach den biolog. Vorbilder Wasser aus der Luft (Nebel, Aerosole) sammeln und gezielt ableiten	Passive Trinkwassergewinnung;  Ausfiltern und Abscheiden von Aerosolen in Anlagen (Lüftung);  Entfeuchtung von Dämpfen bei industriellen Abluftreinigungsprozessen;	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) Denkendorf, Dr.-Ing. Thomas Stegmaier; Institut für Geowissenschaften (IFG), Universität Tübingen; Naturkundemuseum Stuttgart, PD Dr. Anita Roth-Nebelsick.  Solarenergie Stefanakis; Mattes & Ammann KG	<a href="http://bionik-tuebingen.de/nebelernte.html">http://bionik-tuebingen.de/nebelernte.html</a>  <a href="http://www.itv-denkendorf.de">www.itv-denkendorf.de</a> <a href="http://www.uni-tuebingen.de">www.uni-tuebingen.de</a> <a href="http://www.naturkundemuseum-bw.de">www.naturkundemuseum-bw.de</a>	-
	Pflanzen - trop. Lianenart (Adenia lobata)	Transportieren Wasser ohne aktive Pumpentechnik in beträchtliche Höhen (bis 100m) (Transpirationssog); Über regulierbaren Poren (Stomata) gibt die Pflanze Wasserdampf ab, wobei die Verdunstungsrate von der internen Wasserversorgung abhängt.	Dzt nur Forschungsversuch, um den pflanzlichen Wassertransport mittels faserbasierter Systeme nachzuahmen	Entwicklung von textilen Werkstoffen, die nach dem Vorbild pflanzlicher Spaltöffnungen den Wasserdampfaustausch selbstständig an das jeweilige Umgebungsklima anpassen	Werkstoffentwicklung für pumpenfreien Wassertransport	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) Denkendorf, Dr.-Ing. Thomas Stegmaier; Institut für Geowissenschaften (IFG), Universität Tübingen; Naturkundemuseum Stuttgart, PD Dr. Anita Roth-Nebelsick; Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Dr. Christian Tötzke.  TWD GmbH	<a href="http://bionik-tuebingen.de/wassertransport.html">http://bionik-tuebingen.de/wassertransport.html</a>  <a href="http://www.itv-denkendorf.de">www.itv-denkendorf.de</a> <a href="http://www.uni-tuebingen.de">www.uni-tuebingen.de</a> <a href="http://www.naturkundemuseum-bw.de">www.naturkundemuseum-bw.de</a> <a href="http://www.helmholtz-berlin.de">www.helmholtz-berlin.de</a>	-
<b>Optimierung von Kontakt-systemen (adhäsive Systeme)</b>	Käfern, Fliegen, Spinnen und Geckos	Haftkräfte von Insekten	F&E zu Struktur und Funktion von biologischen Haft-, Reibungs- und Verklammerungssystemen auf Mikron- und Submikronskala	Verständnis über biologische Haftphänomene zur Herstellung künstlicher Haftsysteme mit optimierten Eigenschaften	Verriegelungsmechanismen	Max-Planck-Institut für Materialforschung, Stanislav Gorb	INFO: <a href="http://www.is.mpg.de/249854/research_report_854247">www.is.mpg.de/249854/research_report_854247</a>	-

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungspotenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Materialien und Komponenten (Innovative Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe mit spezifischen Eigenschaften, wie z.B. Anpassungsfähigkeit )</b>								
<b>Struktur- optimierte Verbund- materialien</b>	Pfahlrohr (Arundo donax); Winterschachtelalm (Equisetum hyemale)	Biologische Faserverbundstoffe mit hohem Leichtbaupotenzial und Knickfestigkeit, der Faserverlauf in Pflanzen und graduelle Steifigkeitsübergänge in Pflanzen ermöglichen langstieligen Pflanzen trotz geringem Gewicht/Dicke hohe Biege-/Torsionssteifigkeit bzw. -festigkeit	„Technischer Pflanzenhalm“ - strukturoptimiertes recyclebares Faserverbundmaterial	Durch Graduierung und dem Aufbau von hierarchischen Strukturebenen wird ein Verbundwerkstoff hergestellt, der hohe Festigkeiten aufweist und dort wo notwendig, hohen Belastungen standhält und wo wenig Belastung auftritt, Gewicht gespart wird.	Konstruktionswerkstoff in Faser-verbundtechnik, zB Stütz/Verbindungs-streben (Reduzierung des Gewichts, Verminderung graue Energie, hohe Stabilität, Energiedämpfungseigenschaften, gutes Bruchverhalten, geringes Gewicht)	Plant Biomechanics Group Freiburg, Universität Freiburg, Botanischer Garten, Prof. Thomas Speck; Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) Denkendorf, Dr.-Ing. Markus Milwich.  Airbus Composite Technology Center Ensinger Technische Kunststoffe GmbH Coperion Werner & Pfleiderer GmbH & Co. KG	<a href="http://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm">www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm</a>  <a href="http://www.itv-denkendorf.de">www.itv-denkendorf.de</a>	-
<b>Entwicklung extrem harter Materialien</b>	Perlmutter bei Muscheln, Schnecken (Verbundmaterial aus Calciumcarbonat und organischem Material - Polymer-Keramik Verbindung)	Biomineralisation - Ein Werkstoff mit dieser Kombination erreicht eine extrem effektive Stabilität und Beständigkeit, sowie Spannungs-aufnahme (Zugkraft) - hohe mechanische Stabilität und Biegefestigkeit	F&E: Entwicklung von Methoden und Materialien	Entwicklung von extrem stabilen, leichten und schlanken Materialien (Profile, Komponenten), die je nach Beanspruchung (z.B. Windkraft) stabilisierend wirken	Kratz- und bruchfeste Komponenten bei aussenliegenden Systemen (zB Verschattungsprofile, Aufhängungen, etc.) die stark beansprucht werden.  Widerstandsfähige kratzfeste Beschichtungen	INM Leibnitz-Institut für neue Materialien, Biomineralisation, PD Dr. Ingrid Weiss;  Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Standort Stuttgart, Dr. Zaklina Burghard	<a href="http://www.inm-gmbh.de/de/forschung/materialien-in-der-biologie/biomineralisation">www.inm-gmbh.de/de/forschung/materialien-in-der-biologie/biomineralisation</a>  <a href="http://www.is.mpg.de">www.is.mpg.de</a>	-
<b>New Membrane Materials</b>	Flugtiere mit Membranbespannung (Pterosauriers bzw. Fledertiere)	Potenzial zur Optimierung von pneumatischer Stabilisierung, kraftaufnehmende Anbindesysteme, Verringerung der Materialschädigung durch Faltung der Membranen (Transport, Montage, Nutzungsphase temporärer oder wandelbarer Anwendung)	F&E Projekt für faltbare Membranwerkstoffe	Die Erkenntnisse der Funktionsweise von Flughäuten wird zur Entwicklung von faltbaren Membranwerkstoffen für innovative technische Lösungen genutzt, zum Bauen großflächiger Dach- und Gebäudekonstruktionen (Stadien, Flughäfen, Bahnhöfen, Schirme), zum Fertigen mobiler Behältnisse auf textiler Basis	Faserverstärkte Membranwerkstoffe für textile faltbare Gebäudehüllen (gespannte Membranen können neben Wetterschutz auch klimatisierende Aufgaben übernehmen, wie zB Integration von Heizung, Kühlung, Lüftung und solarer Aspekte)	Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) Denkendorf, Dr.-Ing. Thomas Stegmaier Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Prof. Eberhard Frey GST Global Safety Textiles GmbH, ,Architekturbüro Oligmüller, Wagner Tragwerke, IF Ingenieurgesellschaft Flächentragwerke, Walter Krause GmbH	<a href="http://www.kompetenznetz-biomimetik.de/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=183&amp;Itemid=46">www.kompetenznetz-biomimetik.de/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=183&amp;Itemid=46</a>  Artikel: <a href="http://www.bionische-innovationen.de/download/Projektblatt_membranleichtbau.pdf">www.bionische-innovationen.de/download/Projektblatt_membranleichtbau.pdf</a>	-

BIONIKFORSCHUNG			TECHNISCHE UMSETZUNG			INFORMATION – KONTAKT (TECHNOLOGIEREPORT)		
Thema/ Funktion	Biologisches Vorbild	Bionisches Prinzip	Produktbeispiel	Kurzbeschreibung	Anwendungspotenzial für E+	Forschungsaktivitäten (Teams) - BEISPIELE*	Quellen	Tech. Report
<b>Bionische Materialien und Komponenten (Innovative Ein- oder Mehrkomponentenwerkstoffe mit spezifischen Eigenschaften, wie z.B. Anpassungsfähigkeit )</b>								
<b>New Membrane Materials</b>	Membran einer Zelle, Zellstrukturen	Formgebung und Stabilität biologischer Konstruktionen durch Zusammenwirken der äußeren Membran einer Zelle - Pneu - und ihres unter Druck stehenden flüssigen oder gasförmigen inneren Mediums.	pneumocell - Bausatz aus aufblasbaren Bauelementen in Analogie zu biologischen Zellstrukturen	Pneumocellen lassen sich immer wieder zu den verschiedensten Konstruktionen zusammensetzen und leicht auseinandernehmen; kostengünstige Lösung, da einzelne Elemente industriell gefertigte Serienprodukte sind	modulare schnell aufbaubare Temporärbauten	Pneumocell, Arch Thomas Herzig	<a href="http://www.pneumocell.at">www.pneumocell.at</a>	-
	Insekten - Mikrogelenke (Sprunggelenkoptimierung); Diatomeen	Resilin ist ein elastisches Protein mit gummiartig elastischen Eigenschaften, welches das Flug- und Springsystem von Insekten bemerkenswert erleichtert.	F&E: Studien zum Verständnis der Porenstruktur und Membranverfahren von Diatomeen, einzellige Phytoplankton aus Silikat-Zellwände;	Es wird die Rolle der Porenarchitektur beim Filtrationmechanismus von ausgewählten Arten der Kieselalge und anderen biologisch strukturellen Membranfiltern untersucht	mikromechanische Konzepte - neuartige Filtermembrane	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Advanced Membrane Technologies for Water Treatment Research Cluster, New Membrane Materials; University of New South Wales, Dr Gary Rosengarten.	<a href="http://www.csiro.au/science/Membrane-biomimetics#a4">www.csiro.au/science/Membrane-biomimetics#a4</a>	-

Die exemplarischen Technologiereports (T1.01 bis 07) sind im Anhang zu finden.

### 3.4 „Potenziale identifizieren“ – Bionische Ansätze für Plusenergiegebäude



Die letzte Projektphase befasst sich letztendlich durch Unterstützung des Expert/innen-Netzwerks mit der Zusammenfassung bzw. Sammlung innovativer Forschungspotenziale, welche die Bionik als Innovationsträgerin nutzen. Weiteres werden die im Laufe des Projekts gestarteten, interdisziplinären Kooperationsinitiativen aufgezeigt und der Wissensaustausch für Forschung und Wirtschaft durch Öffentlichkeitsarbeit bekräftigt.

#### Verdichtung und Aufbereitung der bionischen Projektkonzepte

Basierend auf der aufbereiteten Themenliste des 1. Workshops, der vertiefenden Recherchen zu vielversprechenden Ideen und der Evaluierung zur Machbarkeit der Ideen im 2. Workshop, wurden im 3. Workshop konkrete Projektkonzepte mit zusätzlichen internationalen Fachexpert/innen aus der Bionik diskutiert um mögliche Kooperationen zu sondieren (Abbildung 18).

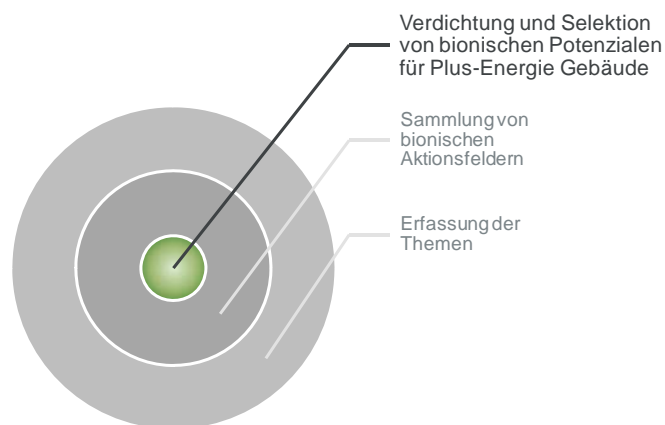


Abbildung 18: Projektphase 3 und 4 - Verdichtung und Selektion von bionischen Projektkonzepten

Der 3. Expert/innen-Workshop fand im Rahmen des 2. *International Symposium on Biomimetics 2010 ‚bionik-A‘* vom 6. bis 8.10.2010 in Villach statt. Die 3-tägige Veranstaltung beinhaltete neben dem Symposium auch die General Assembly des BIONIKON International, der internationalen Bionik-Vereinigung, sowie eine internationale Ausstellung bionischer Produkte und Projekte. Die internationale Fachkonferenz und Messe bot den Projektteilnehmer/innen die ideale Möglichkeit, deren Projektziele und Kooperationsangebot oder -ansuchen einem internationalen Fachpublikum und ambitionierten Student/innen zu

präsentieren, an High Level Aktivitäten in der Szene anzuknüpfen und neue Interessent/innen zu informieren. In Abstimmung mit dem Veranstalter des Symposiums, der FH Kärnten bzw. dem Masterstudienlehrgang „Biomimetics/Bionik und Energie“, wurde am dritten Tag zusätzlich noch ein Projekt-Workshop durchgeführt, welche den anwesenden Fachpersonen die Möglichkeit bot, konkrete Projektideen und Kooperationen zu diskutieren. Der zur Verfügung gestellten Ergebnisse daraus wurden in einer Projektkonzeptliste zusammengefasst bzw. in sogenannten „Fact Sheets“ detaillierter vorgestellt.

Die Fact Sheets stellen im Projekt entwickelte bionische Projektideen vor, welche aus den Vernetzungsaktivitäten der Teilnehmer/innen und den nachbereitenden Aktivitäten entstanden sind und vielversprechende Ansätze für Plus-Energie Gebäude aufzeigen.

### **3.4.1 [Aktion] Bewertungssystem für „Schlüsseltechnologie“**

Um eine Evaluierung jener Projektideen zu ermöglichen, die sich als sogenannte „Schlüsseltechnologien“ eignen könnten, wurde zuerst eine grundsätzliche Stellungnahme zum Begriff „Schlüsseltechnologie“, basierend auf Literaturrecherchen, getroffen.

#### Allgemeine Definition des Begriffs

---

Schlüsseltechnologien werden meist in Bezug auf das Lebenszykluskonzept von Produkten und Technologien gesehen. Hierin wird entsprechend der Reife bzw. des wettbewerbsstrategischen Potenzials von Technologien eine Unterteilung in Basis-, Schlüssel- und Schrittmachertechnologien vorgenommen: Basistechnologien stellen reife Technologien dar, deren wettbewerbsstrategisches Potenzial relativ gering ist, da sie für jeden verfügbar sind. Schrittmachertechnologien hingegen bergen ein großes Potenzial in sich, zukünftige Schlüsseltechnologien darzustellen. Im Gegensatz zu den Schlüsseltechnologien besteht aber ein erhöhtes Risiko der Verdrängung oder Substitution von der Marktperiode (Sommerlatte & Deschamps, 1985).

Eine Schlüsseltechnologie wird im Folgenden so verstanden, dass es sich um Wissen über die naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhänge zur Lösung praktischer Probleme handelt bzw. um die systematische Anwendung dieses Wissens auf praktische Problemstellungen (Zahn, 1995). Sie besitzt ein großes Veränderungspotenzial im Produkt- und Prozessbereich und stellt die Grundlage von Erfindungen zur Verwirklichung weitreichender Zukunftsvisionen sowie den Schlüssel zu wirtschaftlichem Erfolg dar.

Die Kommission definiert Schlüsseltechnologien als *“[...] wissensintensiv und durch hohe FuE-Intensität, schnelle Innovationszyklen, hohen Kapitalaufwand und hochqualifizierte Arbeitskräfte gekennzeichnet. Sie ermöglichen Innovation bei Prozessen, Waren und Dienstleistungen und sind von systemischer Bedeutung für die gesamte Wirtschaft. Darüber hinaus sind sie multidisziplinär, berühren eine Vielzahl technologischer Bereiche und weisen einen deutlichen Trend zur Konvergenz und Integration auf. In diesem Sinne können die Schlüsseltechnologien führende Technologieanbieter in anderen Bereichen dabei*



unterstützen, die Vorteile ihrer Forschungstätigkeit auszuschöpfen.“ (EU Commission staff working document).

Da die wirtschaftliche oder technologische Machbarkeit bzw. das Plus-Energie Potenzial der Projektideen in diesem Stadium nur schwer quantitativ einschätzbar sind, und folglich deren Potenzial als „Schlüsseltechnologie“ im engeren Sinne nicht konkret beurteilt werden kann, wurde ein qualitatives Bewertungssystem entwickelt.

#### Qualitative projektbezogene Formulierung - Bewertungsschema für die Fact Sheets

Für die Bewertung der Projektideen bzw. der Fact Sheets bezüglich deren Potenziale für Plus-Energie Gebäude wurde ein schematisch stark vereinfachtes Modell entwickelt, welches zur Erstorientierung dienen soll. Dabei wurde der Grad des möglichen Potenzials in drei Schattierungsebenen angegeben. Zuvor wurde eine Zuteilung der Projektkonzepte zu den 4 Aktionsfeldern und zu den Entwicklungsebenen „Material“, „Konstruktion“, „Konzept“, oder „Tools bzw. Methodenentwicklung“ durchgeführt.

BAUBIONIK POTENZIALE EVALUIERUNG FACT SHEETS - Potenzial für Plus-Energie Gebäude				
AKTIONSFELD / TYP	MATERIAL	KONSTRUKTION	KONZEPT	TOOL
BIONISCHE GRUNDLAGEN				
BIONISCHE KONZEPTE				
BIONISCHE METHODEN				
BIONISCHE PRODUKTE				

Abbildung 19: Vorlage des Bewertungsschemas für die Fact Sheets

Eine fundierte Evaluierung der jeweiligen vorgestellten Produkte und Projekten würde umfassende Marktstudien voraussetzen, welche im Projekt nicht durchführbar waren. Die grobe Einschätzung erfolgte daher auf Basis von sogenannten Soft-Kriterien durch das Projektteam mit folgenden Überlegungen:

**Material:** Ist die Idee für die konkrete Entwicklung eines technischen Produktes oder Materiales geeignet?

Dunkle Schattierung: eindeutig ja, unmittelbar einer Produkt/Materialentwicklung zuordenbar

Mittlere Schattierung: ja, möglicherweise auch indirekte Wirkung, zB Idee für Regelungstechnik verändert Produkt, reduziert Materialeinsatz, etc.

Helle Schattierung: augenscheinlich nicht zuordenbar

**Konstruktion:** Ist die Idee für eine Konstruktion oder ein Bauteil (zB Fenster) geeignet?

Dunkel: ja, betrifft eindeutig konkrete Komponenten von Gebäuden, bzw. die Art der Kombination und Dimensionierung dieser zu einem Produkt

Mittel oder Hell: Bewertungskriterien analog zu Material

**Design:** Ist die Idee als Basis eines grundlegenden Konzepts bzw. Anforderung an das Plus-Energie Gebäude gedacht?

Dunkel: ja, betrifft die Art der Errichtung/Nutzung/Entsorgung einzelner Teile, eines Gesamtgebäudes, oder sogar ganzer Gebäudekategorien im Sinne einer konzeptuellen ganzheitlichen Überlegung

Mittel oder Hell: Bewertungskriterien analog zu Material

### Tool: Ist die Idee als Planungswerkzeug oder Planungshilfe gedacht?

Dunkel: ja, betrifft ausschließlich die Art der Herangehensweise zu Planungsleistungen selbst, wobei sich die Planung auf die Errichtung/Einbau/Umbau/Demontage eines Gebäudeteils bis zur Stadtplanung beziehen kann, bzw. von der Montageplanung einzelner Teile bis zu kommunalen Entwicklungskonzepten

Mittel oder Hell: Bewertungskriterien analog zu Material

## Gliederung der Fact Sheets

---

In den einheitlich gestalteten Datenblättern (Fact Sheets) werden die Projektidee, die technischen Grundüberlegungen und zugehörige biologische Vorbilder als auch die relevanten Fachdisziplinen zur Umsetzung bzw. die dahinter stehenden Ideengeber (=Projektteam) vorgestellt. Die Datenblätter umfassen nur jene Inhalte, welche nicht IPR-relevant sind.

Die Daten wurden wie folgt strukturiert:

1. Beschreibung der Idee
2. (Ausgangs-) IST-Situation und Anwendungsmöglichkeiten, evtl. Rahmenbedingungen zur Funktion?
3. Basis für Idee: Technologische Analogien und Biologische Vorbilder
4. Weitere Daten und Hinweise, wie:
  - Projekttyp
  - Projektteam (Konzeptentwicklung, Ideenurheber/innen) und Kontaktperson
  - Zusatzinformation Referenzen (falls vorhanden)

### **3.4.2 [Ergebnis] Sammlung von bionischen Konzeptideen - ‚Fact Sheets‘**

Folgende in Tabelle 4 aufgelistete Projektkonzepte stellen Forschungsvorschläge mit Potenzial für das Plus-Energie Gebäude dar, die von den Ideenurheber/innen zur Veröffentlichung zur Verfügung gestellt wurden. Da das Projektteam aufgrund des freiwilligen Netzwerkscharakters und der Eigendynamik des Vernetzens nicht auf alle Projektentwicklungen zugreifen konnte, werden in den Fact Sheets vorwiegend jene Konzepte vorgestellt, bei denen auch ein Mitglied des Projektteams mitgewirkt hat und die IPR-Freigabe geklärt war. Die vorgestellten Fact Sheets dienen somit auch als Inspiration bzw. exemplarische Vorlagen für weitere Projektkonzepte. Die Konzepte werden von den zugeordneten Personen auch nach Ablauf der Projektlaufzeit betreut.

Eine vollständige Liste sowie Kontaktinformationen über die laufenden Konzeptentwicklungen befinden sich im passwortgeschützten Mitgliedsbereich der Projektplattform: [www.bionikforschung.at/baubionik/](http://www.bionikforschung.at/baubionik/) → unter THEMEN und können bei Interesse über die jeweiligen Kontaktpersonen vermittelt werden. Die Fact Sheets sind im Annex 3 (siehe Anhang) dokumentiert.

Tabelle 4: Projektkonzeptliste und Fact Sheets (Stand 8.10.2010, Fact Sheets siehe Annex 3)

FACT SHEETS LISTE						
Kategorie	Titel	Biologisches Vorbild	Kurzbeschreibung	Anwendungspotenzial für Plusenergiegebäude	Projektteam/ Kontakt	Fact Sheet
Wärmedämmung	AUSSENLEICHTVAKUUMTAPETE	Abstandshaltung, Federhaken, Hydrophobie Lufteinschlüsse unter Wasser	Selbstevakuierendes Abstandsgewirk	schlanke hocheffiziente Wärmedämmungen, variabel selbsterneuernde Leichtvakuumisolierung	Dr. Thomas Stegmaier, ITW Denkendorf; DI Clemens Schinagl, JR	F.1.01
Passive Kühlung	BIONIC PV-COOLING „Cool-PV“	Konvektionskühlung, passive Kühlprinzipien von Oberflächen/ Geweben /Haaren	Eine mit PV-Strom versorgte textile Gebäudeeinheit, die durch den Schwarzelteffekt bionisch und autark gekühlt wird	Selbstkühleffekt (bionische Kühleffekt) einer mit PV versehenen Textileinheit	Dr. Marcus Rennhofer, AIT; Dr. Thomas Stegmaier, ITW Denkendorf; DI Kristina Ambrosch, Schwarzelteffektforschung	F.1.02
Energieerzeugung	SCHWARMWALDWINDPARK	Strömungswiderstand, Optimierung durch Schwarmanordnung	Kleinwindpark, Nutzung der Windströmungsüberhöhungen und Turbulenzen unterhalb der Wipfelhöhe	nachhaltige Energieerzeugung durch Vertikalrotoren, lokale Windkraftpark	DI MSc. Christoph Aste; DI Clemens Schinagl, JR	F.1.03
Energieeinsparung	HEIZUNGSUFFIZIENZREGLER	Neuronales Netz, Lernende Systeme, Chronobiologie	Untersuchung der Einflussintensität von Oberflächenwahrnehmung, Lenkung der Anforderungen an die thermische Behaglichkeit	Raumtemperaturregulation (-senkung) mithilfe eines Biofeedback-lernenden Systems	Prof. Dr. Max Moser, Meduni Graz; DI Dr. Deinsberger-Deinsweger, TB; DI Clemens Schinagl, JR	F. 1.04
Energieeinsparung – Planung	CROSSMEDIASMARTGRIDSIMULATOR	Kompassstermiten, Verhaltensanpassung, Zelluläre Automaten, aktive Nutzung von passiven Bauelementen	Gebäude-Simulationsmodell mit Einbeziehung von Verhaltensmustern, Wetterprognosen, thermischen Trägkeiten etc.	Optimierung / Simulation von Gebäuden in Abhängigkeit vom dynamischen Nutzerverhalten, statischen und dynamischen Bauteilkenngrößen etc., sowie Wetterbedingungen	Dr. Gerhard Zucker, AIT; DI Ulrike Kleb, JR	F.1.05
Energieeinsparung – Planung	AUSSENSPIEGELFASSADE	Reziproker Altruismus, Phyllotaxis	"Fassdentapete" mit Solarspiegeln (hohe Reflexion) die Solarstrahlung gebäudeübergreifend optimiert konzentrieren	passive Solarnutzung, optimierte Umlenkung von Strahlung zu Nachbargebäuden	DI Schmidt Volker, JR; DI Clemens Schinagl	F. 1.06
Steuerung und Regelung	SENSIBLER PARKETT-BODEN	Drucksensille mit Übersetzer Impulsaktivierung der Nerven-Reizspannung	Optimierte Heizungssteuerung durch piezo- und pyro-elektrische Sensoren im Boden, energieautarke Sensoren durch Energyharvesting	Optimierung Heizungssteuerung; Objektsicherung	Weitzer Parkett; FH Salzburg-Campus Kuchl; Fraunhofer; JR (Kontakt: DI Hermann Katzz, JR)	F.1.07

**FACT SHEETS LISTE**

Kategorie	Titel	Biologisches Vorbild	Kurzbeschreibung	Anwendungspotenzial für Plusenergiegebäude	Projektteam/Kontakt	Fact Sheet
Energieeinsparung	REFLEX-FOLIEN-BESCHICHTUNG	Photonischer Kristall, Farben ohne Pigmente durch Vielschichtinterferenz	Rolle zu Rolle Anlage zur Bedruckung großflächiger Folien im Mikro- und Nanometerbereich	Schutz gegen Überhitzung, Farbgestaltung und Bedruckungen bei Fassaden, Solarmodule, etc	DI Schmidt Volker, JR	F.1.08
Energieplanung	ENERGIEPROGNOSEN MIT ZELLULÄREN AUTOMATEN	Ausbreitungs- und Infektionsmodelle zur Prognose des „Wachstums“	Prognosemodelle zum Wachstum von Energiesenken (Ansiedelungen etc.), Infrastrukturen (Leitungen..) und Energiequellen (PV-Flächen, etc.)	Planungswerkzeug für Stadtentwicklung und/oder Prognose von einzelnen Raumdaten (Infrastrukturen, Nutzungen, Installation von „neuen“ Energiequellen und Senken)	DI Caroline Bayr, JR	F.1.09

Weitere Projektideen, welche nicht in den Fact Sheets abgebildet sind:

- Bionisches Design: Optimierung des integralen Planungsprozesses bzw. architektonischen Design durch bionische Prozesse → Kontakt: Dr. Petra Gruber, transarch, DI Susanne Gosztonyi, AIT
- Dezentrale Gebäudetechnologien (Entwicklung von selbstregulierenden Mikrosystemen auf Basis von biologischen Vorbildern) → Kontakt: DI Bernhard Schreilechner, Bionic Engineering
- Adaptive U-wertregulierende Verschattungssysteme nach biologische Vorbildern → Kontakt: DI Susanne Gosztonyi, AIT, Ing. Hannes Gerstmann, Büro Ing. Gerstmann
- Adaptive Gebäudehülle: „Schwitzende“ Fassade → Kontakt: Mag. Peter Piccottini, FH Kärnten, DI Susanne Gosztonyi
- Gebäudematerialrecycling – 3D Plot Bauteile: Vorgefertigte modulare Bauteile, die mittels Rapid Prototyping / 3D Plot entwickelt werden und bei Umnutzung vollständig wiederverwendet werden können (Material sollte zu 100% ökologisch unbedenklich sein, kompostierbar sein, gleichzeitig aber so stabil sein, dass es statischen, wärmedämmtechnischen usw. Anforderungen während der Nutzungsdauer entspricht) → Kontakt: DI Susanne Gosztonyi
- Baukastengebäudetechnik: Entwicklung von vorgefertigten dezentral funktionsfähigen Haustechnikkomponenten, die sich für die simple (nachträgliche) Integration in Gebäudeelemente oder -konstruktion (z.B. Decken, Türen, Fenster, etc.) eignen, Material-/Funktionsoptimierung von Mikrokomponenten wird durch Einsatz von Optimierungssoftware und 3D Fertigungstechniken betrachtet (zB SKO Methode, Karlsruhe Institute of Technology, Dr. Mattheck) → Kontakt: DI Susanne Gosztonyi, AIT

### 3.4.3 [Ergebnis] Gestartete Initiativen im Projekt

Da das Projekt BAUBIONIK POTENZIALE die Umsetzung von bionischen Projektkonzepten nur initiieren aber nicht weiter unterstützen kann bzw. über das Projektende hinausgehende längerfristige Aktionen für bionische Technologieentwicklungen gewünscht waren, wurde im 3. Workshop die Idee zu einer „Roadmap für Bionik und Plus-Energie-Gebäude der Zukunft“ diskutiert. Dieser Wunsch basiert darauf, dass Bionik in Verbindung mit Architektur bzw. dem Bauwesen auch in der internationalen Fachwelt als High Potential gesehen wird.

Den Startpunkt dazu soll das Demonstrationsprojekt „Bionisches Haus“ setzen, welches im Projekt initiiert wurde.

#### Initiative „Bionisches Haus“ in Villach

---

Im Rahmen des Strategiekonzeptes ‚Villach 2020‘ arbeitet die Stadt Villach, gemeinsam mit dem Masterstudiengang „Bionics/Biomimetics in Energy Systems“ an der FH Kärnten, an der Gründung des internationalen Bionik-Kompetenzzentrums bionikum:austria (bionikum:austria, 2012), um deren Aktivitäten zu Bionik und Energie stärker zu verankern. Bionikum:Austria soll vornehmlich Studentenprojekte und Bionik-Transferprojekte in Kärntner KMU unterstützen.

Im Rahmen dieser Initiative wird das Projekt „Bionisches Haus“ umgesetzt, welches von Mag. Peter Piccottini, Leiter des Masterstudiengangs, koordiniert wird. Das „Bionische Haus“ soll eine Art „Living Lab“ sein, welches während eines regulären Betriebs als Wohnbau mit Testbewohner/innen wissenschaftliche Monitorings und Tests für implementierte bionische Maßnahmen erlaubt. Weiteres können bionische Forschungsarbeiten oder Resultate aus Master-Thesen je nach Umsetzbarkeit prototypisch implementiert und getestet werden.

#### POTENZIALE FÜR SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN AUS BAUBIONIK

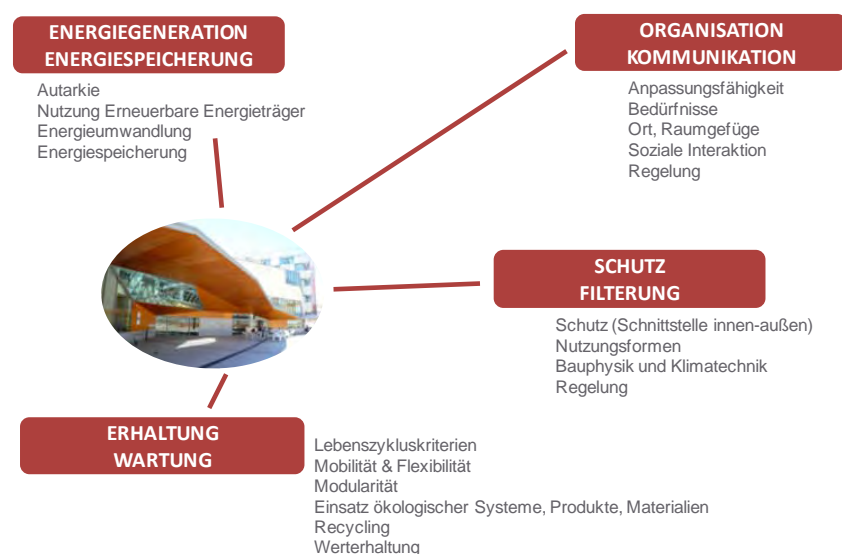


Abbildung 20: Adaptierte Aktionsfelder für die Entwicklung des Projekts „Bionisches Haus“

Im Rahmen der Konzeptentwicklung wurde folgende wissenschaftliche Vision festgelegt: Das bionische Haus soll als Forschungsplattform für in-situ Tests von bionischen Gebäudetechnologien und Materialien dienen. Mögliche Services für dazu umfassen:

- Prüfung der Nachhaltigkeit, Effizienz und Komfortqualität von bionischen Produkten
- Analyse existierender bionischer Produkte für die Anwendung im Bauwesen
- Machbarkeitsstudien über wirtschaftliche und energetische Einsparung durch bionische Produkte
- Methodenentwicklung / -analyse für Integration von Bionik in Bauplanung und Produktentwicklung



Abbildung 21: Projektidee „Bionisches Haus“ - Tasks/Aufgabenbereiche

### 3.4.4 [Ergebnis] Resümee zur Vernetzungsstrategie und Evaluierung

In Hinblick auf die bereits erwähnten Spannungsfelder in Kapitel 3.2.2 ergeben sich in der Rückschau einige Hinweise auf die Erfolgswahrscheinlichkeit der Methoden:

- Ad Balance zwischen der fachlichen Vielfalt der Expert/innen und deren Integration zu „einem“ Thema:  
Hierbei zeigt sich ein von allen Teilnehmer/innen erkannter Nutzen durch die Konfrontation mit möglichst „entfernten“ und diversifizierten Expert/innen in der Anfangsphase.  
  
Im Laufe der gemeinsamen Aktivitäten, insbesondere im Zuge von Themenverdichtungen wurde jedoch dieser positive Überraschungseffekt wieder unbedeutender. Dies deutet darauf hin, dass eine maximale Heterogenität bei der erstmaligen Vernetzung von interdisziplinären Teams deutliche Impulse für die Teilnehmer/innen zur Ideenentwicklung liefert; bei der Konkretisierung sich jedoch der Anteil an fachlich naheliegenden Expert/innen erhöhen sollte.
- Ad Flexibilität versus Spezifität bezüglich der persönlichen Zielsetzungen und Selbstverständnisse:  
Grundsätzlich ist wohl davon auszugehen, dass eine Flexibilität bezüglich der jeweiligen persönlichen Ziele bei den Teilnehmer/innen von solchen Innovationsworkshops nicht erwartet werden darf. Die spezifischen Ziele bzw. die Überdeckung dieser von Teilnehmer/innen innerhalb einer Gruppe (zB Brainstorming-Gruppe) ist daher beim Setting nach Möglichkeit mit zu berücksichtigen. Aufgrund einiger informeller Feedbacks seitens der Teilnehmer/innen wird vermutet, dass hierauf mehr Augenmerk gelegt werden soll. Eine fehlende Zielkongruenz kann Ursache für den Stopp von gemeinsamen Projektideen sein.
- Ad Autonomie versus Abhängigkeit:  
Neben der fachlichen Heterogenität soll entsprechend der Literatur idealerweise eine soziale Homogenität der Teilnehmer/innen vorhanden sein. Analog dürfte auch die Homogenität der Gruppenmitglieder hinsichtlich deren Autonomie in deren Entscheidungen für die Qualität des Outputs mitspielen. Diese Feststellung beruht jedoch nicht auf harte erhobene Daten, sondern auf rein subjektive Einschätzung bei der „Eigenbeobachtung“ von Gruppen.
- Ad Vertrauen versus Kontrolle:  
Dies scheint eines der heikelsten Erfolgskriterien für derartige Vernetzungsprojekte zu sein. Bereits zu Beginn des ersten Workshop wurde von einzelnen Teilnehmer/innen zwar der sehr hohe Wert solcher Vernetzungsaktivitäten begrüßt, aber auch zögern, Ideen und Themen mit hohem Innovationsgehalt trotz umfangreicher vertrauensbildender Maßnahmen zu nennen. Nach Bienzle kann das Vertrauen „ruled based“ (z.B. über Geheimhaltungsvereinbarungen), „category based“ (zB durch gemeinsame Branchenzugehörigkeit und Ehrenkodex) oder „history based“ (z.B. aufgrund vorangegangener positiver Kooperationserfahrungen) aufgebaut werden (Bienzle et al., 2007).

Systemgemäß waren letztere Vertrauenskategorien bei diesen Workshops mit sich erstmalig findenden Personen nicht möglich.

Vertrauensbildende Maßnahmen stellen für viele Personen gerade in frühen Phasen der Ideenentwicklung kein adäquates Kontrollinstrument dar. In einigen informellen Feedbacks wurde sogar dezidiert erwähnt, dass eine Projektführerschaft durch große Institutionen bei heterogenen Unternehmensgrößen eher Skepsis hervorrufen kann. Die Entscheidung über die Projektführerschaft bleibt letztendlich den Ideengeber/innen vorbehalten.

- Ad Kooperation versus Wettbewerb:  
Interdisziplinäre Vernetzungen sind tendenziell weniger von Wettbewerbspositionen betroffen. Die Kooperationsbereitschaft ist somit in vielen Fällen alleinig in der jeweiligen persönlichen Neigung der Teilnehmer/innen begründet sein.
- Ad Stabilität versus Fragilität:  
Hier ist das Wechselspiel zu nennen, bei welchem sich Gruppen von interessierten Expert/innen schnell und unkompliziert finden, aber auch wieder auflösen können. Steht ein Projektentwicklungsthema fest, so ist – wie Erfahrungen im Technologietransfer (und auch bei sonstigen Projektentwicklungen) zeigen - eine gewissen Stabilität der Projektstreiber nötig.
- Ad Formalität versus Informalität:  
Da Projektentwicklungen bzw. Kooperationspartnerschaften auch ohne Mitteilung an das Projektteam initiiert werden sollten, fehlt die Möglichkeit der Evaluierung dieses Kriteriums. Es kann daher keine Aussage bezogen auf dieses Projekt gemacht werden. Laut einschlägiger Literatur nimmt der Bedarf nach strengen formalen Regeln für die Zusammenarbeit mit der Größe und der Vernetzungsplattform und mit der Anonymität der Teilnehmer/innen zu. Das hier gewählte Verfahren der Expert/innenauswahl zu Projektbeginn und der Themenverdichtung in einer geschlossenen Gruppe begünstigt demnach informelle Prozesse. Diese sind für das Projektteam nicht greifbar. Dieser Umstand ist vermutlich auch für die mangelnde Nutzung der Online-Projektplattform mitverantwortlich.
- Ad funktionaler und herrschaftlicher Arrangements  
Dieses Spannungsfeld ist bei gleichrangigen und rein Output-orientierten Teilnehmer/innen eher unbedeutend. Da zwischen den involvierten Teilnehmer/innen keine Abhängigkeiten bestanden (Lieferanten-Kundenbeziehungen, Fördergeber-Fördernehmerbeziehungen, etc.), kann davon ausgegangen werden, dass unisono der funktionale Aspekt überwog bzw. hier auch keine Korrelationen dieser Kriterien zur Qualität der Vernetzung erkannt werden kann.



## Expert/innensetting

---

Aus vorigen Darlegungen, wie auch aus dem Feedback der Teilnehmer/innen und des Advisory Boards ergeben sich folgende grundsätzlichen Regeln für die Gestaltung zukünftiger Workshops bei ähnlichen Teilnehmer/innenkonstellationen:

- i. Die Expert/innenauswahl kann zu Beginn weder vollständig noch exakt durchgeführt werden. Das bedeutet, dass hier eine Fluktuation bzw. eine Flexibilität der beigezogenen/involvierten Expert/innen gegenüber einer geschlossenen Runde bevorzugt werden soll.
- ii. Zu Beginn darf und soll eine maximale Diversität bei den beigezogenen Expert/innen angestrebt werden, um Impulse (Divergenz der Themenvielfalt) zu begünstigen.
- iii. Das flexible Setting zu Beginn kann bzw. soll sich mit zunehmendem Fortschritt der Themenentwicklung in Hinblick auf einen angestrebten konvergierenden Output, wie auch zur Bildung einer „history based trust“ zwischen den Teilnehmern, stabilisieren.

## Online – Projekt-Plattform

---

Bereits nach dem 1. Workshop wurde eine Plattform eingerichtet, um die Idee des Projekts einerseits öffentlich sichtbar zu machen, und andererseits einen passwortgeschützten Bereich anzubieten, der zur Weiterbearbeitung von Ideen und zur Vernetzung der Expert/innen einlädt. Im geschützten Bereich der Plattform wurden die aufbereiteten Ergebnisse, insbesondere die Sammlung der Ideen und F&E-Themen in Form von kurzen Dossiers vorgestellt. Dabei handelt es sich um die evaluierten und verdichteten Inhalte aus Phase 2 und 3. Im öffentlichen Bereich der Plattform finden sich hingegen Beschreibungen zum Ausgangsthema, zum Projekt, zum Ablauf und zu den Teilnehmer/innen – sofern freigegeben. So diente sie auch als Vernetzungshilfe durch einfache Listung der Teilnehmer/innen inklusive deren Statements und Kontaktdaten.

Aufgrund des gewünschten Urheberschutzes konnten nur die Teilnehmer/innen der Workshops über einen passwortgeschützten Mitgliederbereich auf die erarbeiteten Informationen zugreifen, diese in Diskussionsforen oder Sub-Arbeitsgruppen weiter bearbeiten und sich untereinander austauschen. Die weitere Interessent/innen wurde in Kurzform eine Zusammenfassung und damit ein Anreiz zur Mitwirkung öffentlich bereit gestellt.

## Evaluierungsstufen

---

Die zu Beginn erarbeiteten Fragestellungen und Themenfelder, die erfragten Expert/innen-Statements, wie auch die in den Workshops weiterentwickelten Themen und Ideen sind grundsätzlich nach den Kriterien „Beitrag zum Plus-Energie Gebäude“, „Innovationshöhe“ und „Technische Anwendbarkeit/Umsetzbarkeit“ evaluiert worden. Da es sich jedoch in

erster Linie um die Entwicklung von Projektideen handelt, wurde die Selektion von potenziellen Ideen vorerst durch das Netzwerk selbst vorgenommen.

Eine Evaluierung der von den Teilnehmer/innen entwickelten Ideen und Themen wurde aufgrund der zum Teil wiederholten Hinzunahme zusätzlicher Expert/innen und Weiterbearbeitung des Themas nicht gesondert vorgenommen. Für die begleitende Evaluierung des Prozesses selbst wurde ein dreistufiges Verfahren gewählt:

- 1) In Phase 1 wurden im Rahmen der Expert/inneninterviews auch deren Einschätzung bezüglich des Themas, des Projektes und gewünschter Projektziele erfragt.
- 2) Nach den Workshops in der Phase 2 wurden alle Teilnehmer/innen schriftlich und – so weit möglich - ergänzend mündlich befragt und deren Feedback zu den Abläufen und Ergebnissen erhoben. Dabei wurde aus den Teilnehmer/innen ein Advisory Board zusammengestellt, die Teilnahme war unverbindlich und freiwillig.
- 3) Online-Review: Die zusammengefassten Ideen wurden in 2 Varianten online veröffentlicht. Eine kurze Variante kann frei eingesehen werden, zum Download der kompletten Dossiers ist jedoch eine Registrierung nötig, nach welcher die/der Besucher/innen auch gebeten wurde, das Dossier zu bewerten bzw. weitere Anregungen einzubringen. Dadurch sollte eine weiterführende laufende Ideen- und Themensammlung gesichert werden.
- 4) Das Advisory Board diente als Rückfragemöglichkeit, bzw. wurden in einer eigenen Evaluierungssitzung zwischen den beiden Workshops in der Phase 2 sowohl Feedback zu den ersten Ergebnissen als auch zur konkreten weiteren Vorgehensweise, insbesondere zur weiteren Workshop-Planung erfragt.

#### Ideen-Urheberschaft – Schutz der Vertraulichkeit

---

Es wurden, soweit möglich, sämtliche Ideenmeldungen den entsprechenden Ideengeber/innen zugeordnet und in Protokollen dokumentiert. Zugang zu den Protokollen hatten ausschließlich die Workshopteilnehmer/innen. Dazu wurde auf der Online-Projektplattform ein passwortgeschützter Mitgliedsbereich eingerichtet. Es zeigte sich jedoch, dass die derzeit angebotene Form eines Onlinesystems „Collaborative Project Development“ nicht angenommen wurde und auch nicht entsprechend des Vernetzens aktiviert werden konnte.

Eine Bewertung der Qualität der Ideen in Abhängigkeit von personenbezogenen Faktoren (z.B. Korrelation der Qualität mit fachlichem Background des Ideenlieferanten) wurde nicht gemacht. Da alle Themensammlungen in Gruppenprozessen stattfanden, kann die Urheberschaft von Ideen nicht immer eindeutig zugeordnet werden. Auch konnten keine Korrelationen zwischen den erhobenen personenbezogenen Daten und der Qualität der Nennungen erkannt werden.

## 4 DETAILANGABEN IN BEZUG AUF DIE ZIELE DES PROGRAMMS

### 4.1 Einbettung ins Programm

Das Projekt (Projekttyp Grundlagenforschung) ist der Aktionslinie „Strategien, Vernetzung und Ausbildung“ zugeordnet (Leitfaden 1. Ausschreibung).

Die Hauptschwerpunkte in „Strategien, Vernetzung und Ausbildung“ bilden:

- Bionik – kreative Ideen für neue Technologien
- „Low Tech“-Gebäudekonzepte
- Internationale Kooperationsprojekte, Erfahrungsaustausch („Lernen von Anderen“)
- Zielgruppengerechte Aufbereitung von vorhandenem Wissen (Know-how Transfer)

Die Kernaufgabe des Projekts Baubionik Potenziale war der Austausch von transdisziplinärem Expert/innen-Wissen aus der Bionik und aus fachfremden Branchen mit Fachexpert/innen aus der Baubranche. Das Ziel dabei war, bionische Schlüsselpotenziale für das Plus-Energie Gebäude zu identifizieren. Durch das Vorhaben, bestehende Vernetzungen in der Bionik und unterschiedlicher ‚artfremder‘ Branchen mit dem Bauwesen zusammenzuführen, soll nicht nur die Innovationskraft auf diesem Gebiet gestärkt werden, sondern der Ausbau einer Vorreiterrolle Österreichs im Bereich Innovationsforschung unterstützt werden. Der Projektcharakter ist daher sehr stark interdisziplinär und orientiert sich an Kreativitätstechniken in Workshops, Interviews und direkten Expert/innenaustausch über eine Online-Plattform, um die Frage nach dem „bionischen Plus-Energie Gebäude der Zukunft“ beleuchten zu können.

### 4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

- **Schaffung der technologischen Basis für Schlüsseltechnologien und Konzepte für Gebäude der Zukunft (Plus-Energie-Haus)**

Die Herausforderung, innovative bionische Lösungen für das Plus-Energie Gebäude zu finden, ist per se interdisziplinär geprägt und erfordert zwangsläufig vielschichtige Sichtweisen und transdisziplinären fachlichen Austausch von Kompetenzen und Fachbereichen. Viele Fachbereiche teilen eine wesentliche Herausforderung mit dem Bausektor: Die Effizienzstrategie (Einsparen von Energie) und die derzeit angewendeten solaren Alternativen zur heutigen konventionellen Energieversorgung genügen nicht mehr, um die Energieeinsparungsziele Österreichs zu erreichen. Um den Innovationssprung hin zu ressourcenschonenden aktiven Lösungen für das Gebäude zu schaffen, galt es daher, darüber hinausgehende Ansätze durch transdisziplinäre Vernetzung zu finden.

Mit dem Verlassen bekannter Innovationsschienen und dem Austausch von unterschiedlichsten Wissensbereichen wurde bewusst ein Bruch mit herkömmlichen Aktionsmustern erzeugt, durch welchen neue emergente Lösungen angedacht werden konnten.

Das Projekt hat mit der Verknüpfung von Bionik und Bauwesen ein neues interdisziplinäres Forschungsfeld und eine Diskussionsplattform eröffnet, und damit einen innovativen Pionierbeitrag zum Thema „Gebäude der Zukunft“ geleistet. Mit dem Überblick über ein breites Spektrum an aktuellen Fragestellungen und Positionen zum „Gebäude der Zukunft“ eröffnet das Projekt die Diskussion um tatsächlich ganzheitliche Lösungen unterschiedlichster widersprüchlicher aber doch zu integrierender Problemstellungen im Gebäude. Die erarbeiteten Ergebnisse – die Ideenliste zum „Gebäude der Zukunft“, die Technologiereports über existente bionische Lösungen, und die Projektideen zusammen mit den Fact Sheets – geben einen profunden Einblick in die Potenziale, welche ein transdisziplinäres Arbeiten auf dem Gebiet der Bionik bietet.

- **Unterstützung der internationalen Vernetzung der österreichischen KompetenzträgerInnen, Verstärkung des internationalen Know-how Transfers und Integration vorhandenen Wissens**
- **Lernen von Anderen**

Durch die hervorragende Vernetzung des Projekts mit nationalen und internationalen Bionikvereinigungen und Bioniker/innen, und der intensiven Kooperation einzelner Akteur/innen auf internationaler Ebene wurde der Wissenstransfer und –austausch gestärkt. So hatten österreichische Akteur/innen z.B. im Rahmen des *2. International Symposium on Biomimetics 2010 ‚bionik-A‘* in Villach die Möglichkeit, deren Projektziele und Kooperationsangebot oder -ansuchen einem internationalen Fachpublikum und ambitionierten Student/innen zu präsentieren, an High Level Aktivitäten in der Szene anzuknüpfen und neue Interessent/innen zu informieren. Die 3-tägige Veranstaltung beinhaltete neben dem Symposium auch die General Assembly des BIONIKON International, der internationalen Bionik-Vereinigung, sowie eine internationale Ausstellung bionischer Produkte und Projekte. Weiters fand eine intensive Kooperation mit Expert/innen des Projekts „FUTUREbase“ und ein Industrieworkshops in der Steiermark statt, durch welche Innovationsansätze aus dem Projekt in laufende Umsetzungsprojekte eingebracht werden konnten.

Die Know-how Transferaktivitäten durch die Einbindung internationaler Kompetenzträger ins Projekt schaffen einen wichtigen Beitrag zur Debatte um die weitere Entwicklung der österreichischen Innovationsforschung in Verbindung mit der Fachdisziplin Bionik. Auch wird Input zu Handlungsoptionen für die weitere Entwicklung von Forschungs- und Entwicklungsförderungen gegeben.

### **4.3 Einbeziehung der Zielgruppen**

Gemäß der Hauptaufgabe des Projekts – der Vernetzung von Expert/innen unterschiedlichster Branchen - konnten Expert/innen aus unterschiedlichsten Fachbereichen (Architektur, Medizin, Materialwissenschaften, Sozialwissenschaften, Gebäudetechnik, Biologie, Nanotechnologie, Immobilienentwicklung, Maschinenbau, Städteplanung, Meeresbiologie, Trendforschung, uvm.) zur aktiven Teilnahme auf freiwilliger Basis gewonnen werden.

Über die Interviews und die Suchläufe unterschiedlichster Kompetenzträger/innen wurden insgesamt 79 Personen kontaktiert, von denen rund 35 Expert/innen an den Vernetzungsaktivitäten teilnahmen. Das Interesse am Thema war dabei enorm, welches sich im freiwilligen Engagement der Expert/innen und im positiven Feedback zur Projektidee an das Projektteam widerspiegelte.

Im Sinne des Vernetzungsgedankens wurde auch das Advisory Board, eine Gruppe von Expert/innen, die sich zur Evaluierung des Projektfortschritts zur Verfügung stellten, durch eine Umfrage unter den Teilnehmer/innen etabliert. Es wurde darauf geachtet, dass Vertreter/innen der Hauptzielgruppe, der Bauwirtschaft, mitwirken.

Durch die Online-Plattform des Projekts wurden die Teilnehmer/innen regelmäßig über den Fortschritt und aktuelle Entwicklungen zum Thema informiert. Die Plattform erlaubte auch ein aktives Informieren und Einbringen von Wissen untereinander.

Der Kontaktaufbau zur internationalen Expert/innenlandschaft konnte durch die Einladung internationaler Expert/innen zu den Workshops und durch die Anbindung an das internationale Symposium bionik-A in Villach geschaffen werden. Weiteres wurden 25 Projektmeetings in regelmäßigen Abständen organisiert, um die bestmögliche Durchführung des Projekts zu gewährleisten und Inputs durch außenstehende Akteur/innen einbauen zu können.

#### **4.4 Zielmärkte und deren Marktpotenzial**

Das Projekt war in dieser Form ein einzigartiger Modellversuch, welcher sowohl auf technologischer als auch auf strategischer Ebene hohen Innovationscharakter zur Gewinnung von neuen Lösungspotenzialen für „Plus-Energie Gebäude der Zukunft“ fördert. Der Schwerpunkt des Projekts war nicht die unmittelbare Quantifizierung der Wirtschaftlichkeit oder Effizienz der Projektergebnisse für den Markt, sondern die Eröffnung neuer Handlungsspielräume. Sehr wohl aber können die Zielgruppen der Projektergebnisse angegeben werden und inwiefern die Ergebnisse geeignet sind, deren künftiges (Markt)verhalten zu beeinflussen:

##### **– Akteure aus der Forschung**

Es wurde auf die Nutzbarkeit der Bionik für das ‚Plus-Energie Gebäude‘ in unterschiedlichen Forschungsbereichen fokussiert. Die Innovationschancen zeigen sich bereits in anderen Branchen als sehr erfolgreich.

Neben dem Forschungspotenzial für jene Bereiche, welcher der Baubranche zugeordnet werden, ergeben sich mit hoher Wahrscheinlichkeit weitere Forschungspotenziale für Branchen bzw. Hersteller von Produkten, welche in der Wertschöpfungskette des eigentlichen Bauwesens vor- oder nachgelagert sind. So sind durchaus Innovationen in der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik, in der Organisationsoptimierung von Bauprojekten oder in diversen materialbezogenen Branchen (Holz, Kunststoffverbunde, Verglasung, etc.) möglich.

Wie vorgestellte Beispiele in den Technologiereports oder aus der Recherche zur Bionik zeigen, können Grundlagenforschungsarbeiten, welche mit Fokus auf einen konkreten Anwendungsfall gemacht wurden, plötzlich in anderen Anwendungsgebieten wiedergefunden werden und vice versa.

Dazu seien hier auszugsweise jene Projektkonzepte genannt, die voraussichtlich durch weiterführende Forschung weitergeführt werden:

- Optimierung bzw. systemische Integration von passiven Baustofffunktionen und Smart Materials in aktive solare Systeme und Gebäudetechnik (z.B. Photovoltaik und Textilien)
- Materialforschung in der Baustoffindustrie (z.B. Photonik im Mikro- und Nanobereich zur Lichtlenkung, Lichtleitung; Beschichtungstechnologien, etc.)
- Entwicklung von adaptiven intelligenten Regelungsprozessen in Interaktion mit dem dynamischen Nutzerverhalten

#### – **Akteure aus der Wirtschaft**

Die erfolgreiche transdisziplinäre Vernetzung zwischen Forschung und Wirtschaft ist bei der bionischen Produktentwicklung von großer Bedeutung. Daher wurde bereits bei der Generierung erster Projektideen auf die Einbeziehung von Vertreter/innen verschiedener Branchen geachtet. Die Bionik ist eine junge Fachdisziplin und noch sehr stark der Grundlagenforschung zugeordnet, wobei die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft bei bionischen Entwicklungen unverzichtbar für die erfolgreiche Umsetzung von Produkten ist. Einige erfolgreiche Kooperationen aus dem nationalen und internationalen Raum konnten dazu in das Projekt als methodisches Know-How bzw. Lessons Learned transferiert werden.

## **4.5 Beschreibung der Umsetzungspotenziale**

Die wesentlichste Verwertung der Ergebnisse des Projekts liegt darin, Innovationspotenziale aus der Bionik durch direkten Austausch von Akteur/innen begreifbar und sichtbar zu machen, sowie die Grundbasis für eine österreichische Innovationsforschung auf dem Gebiet der Baubionik zu schaffen. Andererseits konnten durch die Etablierung der Austauschplattform während des Projekts Kooperationen gestartet und Verbindungen zwischen Fachbereichen geschaffen werden, die vorher keine Schnittstellen hatten.

Welchen konkreten Nutzen und welche Einsatzmöglichkeit die erdachten Innovationen mit sich bringen werden, ist letztendlich systemimmanent noch offen. Es wird jedoch durch die aufbereiteten Ergebnisse aufgrund des großen Interesses und der vielen Anfragen an das Projektteam erwartet, dass sich weitere Kooperationspartnerschaften, neben den im Projekt gestarteten, etablieren.

## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

### **Bionische Schlüsseltechnologien für Plus-Energie Gebäude**

In Bezug auf bionische Lösungen, welche für ein Gebäude entwickelt und in diesem eingesetzt werden, ist eine Wirkungsanalyse an Hand von genau zu berechnenden Indikatoren (z.B. Energiebedarfswerte, Treibhauspotenzial) nur wenig zielführend, da es sich bei bionischen Lösungen einerseits meist um Komponenten für eine spezielle technische Anwendung oder für Gesamtlösungen handelt, und andererseits diese derzeit eher noch als zukunftsweisende, visionäre Konzepte vorliegen. An Hand der im Projekt entwickelten Bewertung wird in den Technologiereports und den Fact Sheets die Auswirkung der bionischen Lösung auf einzelne Hauptkategorien nur qualitativ evaluiert.

Da es sich bei dieser Bewertung um eine rein qualitative handelt, können nähere Spezifikationen dienlich sein, um weiterführende Arbeiten zu unterstützen. Als Leitfaden dazu können die entwickelten Methoden dienen.

### **Transdisziplinäres Vernetzungsmodell**

Aus den Erfahrungen des Projektteams und den gesammelten Feedback können folgende grundsätzliche Hinweise für eine Gestaltung eines funktionalen Vernetzungsmodelles qualitativ abgeleitet werden. Hierbei ist jedoch unbedingt anzuführen, dass sich alle Erfahrungen nur auf die in diesem Projekt abgewickelten Workshops und deren Begleitenden beziehen. Dies stellt daher keine allgemein gültige Basis für eine empirisch abgesicherte Festlegung eines idealen Modelles dar. Daher werden hier für zukünftige ähnliche „Technologietransferprojekte“ nur Hinweise für die einzelnen Agenden zukünftiger Vernetzungsmodelle angeführt.

### **Einsatz von Kreativitätstechniken und -methoden**

---

Das Projektteam konnte zwar auf das große Repertoire der Kreativitätstechniken, wie z.B. analytische Techniken (Morphologischer Kasten), einfache Varianten des Brainstorming (Stop and Go, Systematische Integration von Lösungsvarianten), Hypothesen-Matrizen, etc. zurückgreifen, hatten aber aufgrund der zeitlichen Verfügbarkeit für die Implementierung mit folgenden Herausforderungen zu tun:

- Die Teilnehmer/innen (und teilweise auch Projektmitarbeiter/innen) benötigen i.d.R. hinsichtlich Nutzung von Kreativitätstechniken etwas mehr Eingewöhnungszeit (Akzeptanz neuer Kommunikationsmethoden und ungewohnter Regeln),
- Die Teilnehmer/innen kannten sich nicht und hatten daher sehr hohen Bedarf, sich einander vorzustellen und ihre Projekte und Sichtweisen darzulegen, Dies bedeutet einen höheren Zeitaufwand auf Kosten der Diskussion (Kommunikationshemmschwellen über Disziplinen hinweg),
- Bedenken oder Hemmungen bei der Nennung von eigenen Ideen waren vorhanden (Win-Win Situation versus Ideenraubpanik),

- Es können nicht alle Unsicherheiten in den Workshops (z.B. wann hat man welche Gelegenheit für Nennungen) und bezüglich der Verwendung der eigenen Ideen (was passiert mit den Nennungen, wer verwendet diese etc.) ausgeräumt werden, da dies bei solchen Vernetzungsphasen schwer möglich ist (Offene Kreativität versus vertragliche Geheimhaltungsabmachungen)
- Bei Vernetzungsaktivitäten gibt es offenkundigen systematischen Organisationsformen, um Kulturen festzulegen. Das kreative Chaos wird von den Charakteren und Verhaltensweisen der Teilnehmer/innen bestimmt (Offene Einladungen versus vorab festgelegte Player)
- Die entwickelte Vernetzungsmethodik im ersten Workshop, welche an die Syntegration angelehnt war, leistete zur Ideenfindung selbst keinen erkennbaren Vorteil gegenüber anderen bekannten Kreativitätstechniken. Die Teilnehmer/innen bestätigten jedoch, dass dieser Ansatz zur ersten Gruppierung von Expert/innen hervorragend geeignet sei bzw. für sie erstaunliche Erkenntnisse brachte. Eine vollständige Syntegration war nicht durchführbar, da hierbei mindestens zwei volle Tage benötigt werden und mehrtätige Workshops von Personen, die sich erstmalig in Kreativgruppen finden, nicht angenommen werden.

---

#### Herausforderungen beim Aufbau von Transdisziplinarität (oder der „produktive Leerlauf“)

---

Projekte mit hoher Transdisziplinarität stehen in der Erwartung, neuartige emergente Ideen zu generieren, ohne zeitlich und wirtschaftlich stark von traditionellen Projektabwicklungen abzuweichen.

Die Einführung von Transdisziplinarität in Kooperationen senkt jedoch in der Anfangsphase die Kommunikationseffizienz, bzw. steigert die Kommunikationsnotwendigkeit, und erfordert so ein deutlich höheres flexibles Zeitbudget als bei traditionellen Kooperationen innerhalb einer Fachdisziplin sowie den Willen zum Aufbau einer gemeinsamen Kommunikationsbasis. Ohne dieser Basis sind weder das nötige Vertrauen noch die abzustimmenden Schnittstellen sowie Fachtermini bearbeitbar, welche für die Umsetzung von interdisziplinären Ideen unumgänglich sind. Im Kontext der Alltagsaufgaben und den engen zeitlichen Fenstern benötigen Fachexpert/innen für die Entwicklung dieser Kommunikationsbasis daher einen Rahmen, welcher kreatives Denken in flexiblen Zeitspannen ohne Ergebnisdruck oder Deadlines erlaubt. Dieser ist jedoch allein aus wirtschaftlichen Überlegungen oft nicht gegeben.

Die gewohnten Kommunikationsmuster und Blockaden müssen durch eine flexible offene ‚Open Source Mentalität‘ und durch einen selbstverständlichen Umgang mit Kommunikation über neue Medien erst durchbrochen werden – beides benötigt Vertrauen und Eingewöhnungszeit, welche nicht durch einen Projektrahmen gegeben werden können.



## Barrieren bei der Entwicklung von Innovationsansätzen („Umgang mit geistigen Eigentum“)

Die Förderung einer Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen mit dem Ziel, neue Lösungen zu entdecken und Innovationen zu schaffen, setzen einen speziellen Rahmen zum Schutz des geistigen Eigentums voraus. Im Projekt ist relativ bald die Notwendigkeit einer Struktur zur Sicherstellung dieses Themas sichtbar geworden. Das Projektteam hat auf das Feedback von Teilnehmer/innen im ersten Workshop mit der Einführung von „Spielregeln zur Erhaltung des geistigen Eigentums“ und der Bereitstellung geschützter Diskussionsbereiche auf der Projekt-Website reagiert. Der tatsächliche Umgang innerhalb der Gruppe kann jedoch nicht gesteuert werden. Daher wurden manche Ideen zum Teil nur mit großer Zurückhaltung beigesteuert oder auch zurückgehalten, welches nur durch langfristigen Vertrauensaufbau überbrückt werden kann. Da im Projekt sehr viele einander unbekannte Expert/innen aus unterschiedlichsten für sie jeweils teils ungewohnten Disziplinen zusammenfanden, war die Bereitschaft, offene Win-Win Situationen aufzubauen, nur bedingt gegeben.

## Erwartungshaltung und Rahmen für Innovationsforschung

Die vielfach von den Teilnehmer/innen selbst erzeugte Erwartungshaltung nach schnell umsetzbaren Innovationen kann meist nicht erfüllt werden. Die Erwartung wird irrtümlich dadurch ausgelöst, dass mittels Bionik auf bereits evolutionär erprobte Lösungen zurückgegriffen werden können und damit „nur mehr“ die Übertragung in die Technologie bewerkstelligt werden müsse.

Es zeigt sich aber vielfach, dass sowohl die Recherche nach biologischen Vorbildern, als auch die Übertragung der Prinzipien selbst mit meist exorbitantem Forschungsaufwand verbunden ist. Die meisten bekannten und anschaulichen Vorzeigebispiele der Bionik entstanden zudem durch zufällige Entdeckung im Rahmen der Grundlagenforschung im Bereich der technischen Biologie und nicht aufgrund einer gezielten Suche nach Lösungen anlässlich eines erkannten Problems. Zudem führt die Beschäftigung mit Bionik zwar häufig zu erstaunlichen Lösungen, oft aber eben zu solchen Lösungen, welche mit der ursprünglichen Aufgabenstellung nicht mehr in Verbindung stehen. Auch im Projekt BAUBIONIK POTENZIALE wurden trotz Fokussierung auf die Baubranche zahlreiche Ideen generiert, welche dem Sektor Bau nicht originär zugeordnet werden.

Das hohe Potenzial der Bionik wird dennoch erkennbar, wenn beispielsweise die Entwicklung einiger Forschungsthemen (zB Schalenbauweisen nach dem Vorbild von Radiolarien) von der Grundlagenforschung zu nachgefragten konkreten Produkten betrachtet wird.

Somit sind Forschungsagenden im Bereich der Bionik nicht vorab einem Technologiefeld zuordenbar, damit nicht durch die konventionellen Förderschienen der angewandten F&E förderbar oder gar mittels kooperativer Industrieprojekte akquirierbar. Es benötigt eine bewusste Widmung von Förderprogrammen, welche auf solche interdisziplinäre F&E Kooperationen eingehen können.

## Unerwartete Impulse durch maximale Durchmischung von Expert/innen

Alle Teilnehmer/innen bescheinigten, dass unerwartete und spannende Impulse für die Entwicklung neuer Denkansätze nutzbar wurden. Die Startvernetzung kann beispielsweise in Anlehnung an ein systemtheoretisches Konzept (vgl. Syntegration) erfolgen, nach welchem aus den Teilnehmer/innen maximal diversifizierte Fachgruppen gebildet werden.

## Hinweise zur Einbindung von Akteur/innen

Die Vermischung von fachlich stark heterogenen Expert/innen weitet den Suchraum aus. Ein einmaliger Versuch, Personen an einen Tisch zu bringen, welche sich von sich aus niemals so koordiniert hätten, wird in der Regel von allen Akteuren akzeptiert. Während der Start sehr stark formalisiert ist, überwiegen in weiterer Folge informelle Kommunikationsmuster. In weiterer Folge, bzw. entsprechend des Gedankenverlaufes innerhalb der Gruppen darf und soll die Gruppenzusammensetzung geändert werden.

Dies steht erstaunlicherweise im Gegensatz zu vielen derzeit gebräuchlichen Technologietransferaktivitäten, wo beispielsweise anlässlich von Branchen-Mitgliedertreffen zuerst informelle „Get together“ – Meetings veranstaltet werden, die in weiterer Folge – unterstützt durch formale Projektentwicklungstools - neue Kooperationen entstehen sollen.

Heterogenität der beteiligten Personen bedeutet nicht nur entsprechend der Definition eine Diversifikation von Fachdomänen, Anwender/innen, Theoretiker/innen, Geschlechtern, etc., sondern auch eine Mischung von Personen mit grundsätzlichem Bionikbezug und „Bionik-Skeptikern“.

Hat sich eine Gruppe für die Bearbeitung eines Themas formiert, so entsteht bisweilen in weiterer Folge der Bedarf an der Beiziehung weiterer möglicher Anwender/innen Biolog/innen zur Aufweitung oder Prüfung des Suchraumes. In solchen Fällen müssen diese zusätzlichen Expert/innen unbedingt mittels eines von der ganzen Gruppe akzeptierten Verfahrens gebrieft und aufgenommen werden, um die Vertrauensbasis innerhalb der Gruppe nicht zu stören.

## Hinweise zur Kommunikationsstrategie

Stark diverse Gruppen benötigen eine strikte Moderation. Die Moderation muss in Anbetracht der Ausuferungsmöglichkeiten - da jede/r Akteur/in die Themen beeinflusst - eine klare Diskussionslinie, welche zu Gesprächsbeginn vereinbart wurde, einfordern. Die vorgegebene Orientierung kann in der vorgeschriebenen Nutzung einer Fachdomäne oder in einer vorgeschriebenen Anwendung liegen. Die grundsätzliche Anwendungsorientierung ist jedenfalls notwendig, um sich nicht frühzeitig in den offenen „weißen Flecken“ der jeweils themenrelevanten Grundlagenforschung zu verlieren.

Zur Kommunikationsstrategie gehört zumindest auch eine Projektwebsite. Eine solche Webseite ist entweder funktional zu umfangreich, sodass sie wie ein übergeordnetes nutzbares Outlook empfunden wird, oder im anderen Fall für die Ideen- und

Projektentwicklung selbst nicht nötig bzw. wird sie eher als eine PR-Begleiterscheinung wahrgenommen.

Workshops geben Impulse, die vergehen, wenn sie nicht unmittelbar danach bestätigt bzw. weiter angeregt werden. Die Ergebnisse von Workshops müssen vom Moderator binnen kürzester Zeit – idealerweise in den nächstfolgenden Tagen zusammenfasst und gemeinsam mit der Aufforderung der weiteren Mitarbeit ausgesendet werden.

#### Hinweise zur Vertrauensbildung

---

Das Vertrauen in den Moderator oder den Projektorganisator ist durch weiche Maßnahmen nicht herstellbar.

Es gelten die gleichen Spielregeln, wie bei allen Anbahnungen. Vertrauen kann weder durch Geheimhaltungsvereinbarungen, noch durch technische Mittel erzwungen werden.

Das Vertrauen in die Partner entwickelt sich mit der Notwendigkeit und dem erkennbaren Nutzen, eigene Alleinstellungsmerkmale aufzugeben (zB bei der Erstellung konkreter Förderanträge).

## **6 AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN**

Ausgangspunkt für das Projekt war die Hypothese, dass stark interdisziplinäre Expert/innenteams mit besonderem Bezug zur Biotechnologie und Bionik neue innovative Ideen und Projektkonzepte für die Baubranche liefern können. Diese hohe Erwartungshaltung spiegelte sich auch bei den Teilnehmer/innen wieder und wurde zu Projektbeginn auch für die Ideenfindung erfüllt, veränderte sich jedoch im Laufe der Konkretisierung von Fragestellungen und Ideen bzw. der Ideenverdichtung zu Projektvorschlägen. Es wurde ersichtlich, dass die Herausforderung transdisziplinärer Projektentwicklungen in den Rahmenbedingungen dazu liegt, da vorhandene Grundlagen und der Aufwand für Entwicklungen schwer einschätzbar sind, stark variieren können und enorme Zeitressourcen aller Beteiligten benötigt werden. Die Suche nach bionischen Ansätzen bzw. die Übertragung von biologischen Prinzipien in technische Lösungen bringt daher einen großen Forschungs- und Kommunikationsaufwand mit sich, der häufig im Widerspruch zur formalen Ausrichtung anwendungsorientierter fachspezifischer Forschung steht. Bionische Entwicklungen bedürfen daher eines eigenen Forschungsförderungskonzeptes, welches den Aufwand für Transdisziplinarität und Grundlagenforschung mit einbezieht.

## **Bionik als Innovationsmotor**

Es konnte das Projektziel dahingehend erreicht werden, Kooperationsinteressent/innen zu motivieren, Themen, die in ihrer fachlichen Nähe angesiedelt waren, durch Hinzunahme neuer (fremder) Aspekte zu bereichern. Sehr zahlreich waren hierbei Ideen mit starker Ausrichtung auf grundlegende Aspekte des Nachhaltigen Bauens, mit teils geringem hinterfragbarem Bionikbezug aufgrund der noch mangelnden Basis an bionischen Forschungsergebnissen.

Da die nötige Wissensbasis über die Bionik im Projektnetzwerk noch nicht im ausreichenden Maß vorhanden war, hat das Projektteam selbst einen hohen Aufwand in Recherchen und Aufbereitung von bionischen Entwicklungen investiert, um interessierten Expert/innen möglichst viel Einblick in Querschnittsthemen zu ‚Bionik‘ und ‚Plus-Energie Gebäude‘ ermöglichen zu können.

Die hohe Erwartungshaltung bezüglich schnell und kostengünstig industriell umsetzbarer bionischer Lösungen musste relativiert werden bzw. sind Möglichkeiten anzudenken, wie eine grundlagenforschungslastige Behandlung des Themenkomplexes Bionik in Zukunft mit anwendungsorientierten Zielsetzungen (zeitlich wie finanziell) zusammengeführt werden kann.

## **Die Chance von transdisziplinären Netzwerken**

Die anfänglich hervorragend gelungene Vernetzung von einigen Einzelakteur/innen wurde durch die österreichweit merkbare Reduktion der Bionikaktivitäten stark beeinflusst. Dies zeigte sich z.B. in der reduzierten Sichtbarkeit und Agilität des Netzwerkes „Bionik Austria e.V.“, nicht zuletzt aufgrund der fehlenden Finanzierung sowie der fehlenden thematischen Kontinuität der Forschungsagenden vormals aktivster Mitglieder. Da Bionik Austria e.V. die Ausgangsbasis für die Vernetzungsziele des Projekts war, konnte der Verein nur bedingt genutzt werden. Ausnahme bildet dabei jedoch der Masterstudiengang „Bionik/Biomimetics in Energy Systems“ an der FH Kärnten, welcher durch den Bildungsauftrag eine fixe – wenn auch geringe - Basisfinanzierung und „quasi fixe Personalkraft“ durch die Studierenden hat und sich daher aktiv in das Projekt einbringen konnte. In Villach wurde kürzlich (2012) als Ersatz zu Bionik Austria der Verein „Bionikum:Austria“ gegründet, welcher vornehmlich Studentenprojekte und Bionik-Transferprojekte in Kärntner KMU unterstützen soll.

Es kann das Resümee aus dem Projekt gezogen werden, dass interdisziplinäre (bionische) Projekt- und Produktentwicklungen tendenziell eher auf Initiativen von hoch motivierten Einzelpersonen beruhen als auf systematisch motivierte Fach-Netzwerke. Neben den fehlenden, oben angesprochenen formalen Rahmenbedingungen wurde als zweiter Grund dafür im Projekt beobachtet, dass im Vergleich zu netzwerkorientierten Forschungs- und Kommunikationskulturen (z.B. angelsächsischer Raum) eine gehemmte Bereitschaft zum öffentlichen Ideenaustausch bestand. Dies könnte durch gezielte Unterstützung für offene Netzwerkkultur und durch eine Verbesserung des Stellenwerts und der Öffentlichkeitsarbeit von Forschung in Österreich überwunden werden.

## **Methodeneinsatz**

Seitens der getesteten und adaptierten Methoden haben sich die grundlegenden Startsets (höchste fachliche Mischung der Personen) gut bewährt, sodass diese für weitere Technologietransferprojekte empfohlen werden können. Die Detaillierung der ersten Projektansätze wird dennoch mit vergleichsweise konventionellen „alt bekannten“ Kreativitäts- und Projektmanagementtechniken durchgeführt.

Die Bereitstellung einer webgestützten Plattform zur Weiterentwicklung von Ideen und Formierung von Teams bzw. Generierung/Entwicklung von kooperativen Projekten funktionierte im Projekt trotz umfangreicher Funktionen für Mitglieder (geschützter Mitgliedsbereich, Up- und Download, Foren, Regeln, etc.) nicht zufriedenstellend. Es sind hier auch andere Formen der webbasierten Zusammenführung von Forschergruppen zu beforschen und testweise umzusetzen. In diesem Zusammenhang drängen sich auch Elemente des Crowd Sourcing und Crowd Funding auf. Dies stellt einen möglichen Hinweis dar, in zukünftigen Fördermodellen Möglichkeiten einzuräumen, öffentliche Förderungen mit privaten – zum Zeitpunkt der Antragserstellung nicht planbaren - Fördergebern (im Sinne von während des Projektes akquirierten Sponsoren und „Crowds“) kombinieren zu können.

Eine nachhaltige Vernetzung vieler in Frage kommenden Expert/innen, Projekt- und Ideenplattformen, etc. bedarf einiger Anstrengungen Richtung „Markenbildung“. Die Etablierung von Netzwerken bedarf einer Basisförderung, wobei die Höhe der finanziellen Mittel wesentlich unwichtiger ist als die Langfristigkeit bzw. eine terminliche Flexibilität bei der Nutzung zuerkannter Fördergelder. Die Implementierung und der Erfolg eines solchen Modells lässt sich an den internationalen Bionikaktivitäten gut ablesen, wie z.B. beim deutschen BIONIKON Netzwerk, welches durch eine breit angelegte landesweite Förderungsinitiative die Vernetzung von Bionikforschung zum Ziel hatte und dadurch auf einige sehr sichtbare und erfolgreiche Projektumsetzungen zurückblicken kann.

## 7 LITERATUR- / ABBILDUNGS- / TABELLENVERZEICHNIS

- Adnot J. et al. (2003). *Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC). Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the EU. Final Report.* Paris.
- AIT. (12. 03. 2011). *Research Services des Departments Energy.* Von <http://www.ait.ac.at/research-services/research-services-energy/> abgerufen
- Baitsch, C., & Müller, B. (2001). *Moderation in regionalen Netzwerken.* München.
- Bar-Cohen, Y. (2006). Introduction to Biomimetics: The Wealth of Inventions in Nature as an Inspiration for Human Innovation. In *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies* (S. 2). Boca Raton, FL (USA): Taylor & Francis.
- Barthlott, W. (10. 09. 2011). *Lotus-Effect.* Von <http://www.lotus-effect.de> abgerufen
- Bauer, G., Nellesen, A., & Speck, T. (2010). Biological latices in fast self-repair mechanisms in plants and the development of bio-inspired self-healing polymers. In C. Brebbia, & A. Carpi, *Design & Nature V* (S. 453– 460). Southampton: WIT Press.
- BAWP. (2009). *Bundes-Abfallwirtschaftsplan.* Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- BBSR. (12. 10. 2009). *Forschungsinitiative Zukunft Bau, vom deutschen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.* Von [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/zukunftbau\\_\\_node.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/zukunftbau__node.html) abgerufen
- Bienzle, H., Gelabert, E., Jütte, W., Kolyva, K., Meyer, N., & Tilkin, G. (2007). *Die Kunst des Netzwerkes.* Wien.
- BIOKON e.V. (02. 11. 2010). *BIOKON - Bionik Kompetenz Netzwerk.* Von <http://www.biokon.net> abgerufen
- BIOKON International. (02. 11. 2010). *BIOKON International - Working Groups.* Von <http://www.biokon-international.com/working.html> abgerufen
- bionic surface technology GmbH. (12. 08 2011). *bionic surface technology GmbH.* Von <http://www.bionicsurface.com/> abgerufen
- Bionikum:austria. (2012). *Internationales Bionik-Kompetenzzentrum, Initiative der Stadt Villach und der FH Kärnten.* Von <http://www.bionikum.at> abgerufen
- Bioniquity. (15. 12. 2005). *Bioniquity.* Von <http://www.bioniquity.com> abgerufen
- BMVIT. (2009). *Haus der Zukunft Plus, 2.Ausschreibung, Leitfaden für Projekteinreichung.* BMVIT.

- BRE. (08. 11. 2009). *BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method*. Von <http://www.breeam.org> abgerufen
- CEN/TC 350. (12. 11. 2010). *CEN/TC 350 - Sustainability of construction works*. Von [http://portailgroupe.afnor.fr/public\\_espacenormalisation/CENTC350/index.html](http://portailgroupe.afnor.fr/public_espacenormalisation/CENTC350/index.html) abgerufen
- De Bono, E. (1996). *Serious Creativity. Die Entwicklung neuer Ideen durch die Kraft lateralen Denkens*. Stuttgart.
- Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. (August 2011). *Wege zum Effizienzhaus-Plus, im Rahmen der Förderinitiative ‚Modellprojekte im Plus-Energie-Haus-Standard‘*. Informationsbroschüre.
- Drack, M. (2002). *Bionik und Ecodesign - Untersuchung biogener Materialien im Hinblick auf Prinzipien, die für eine umweltgerechte Produktgestaltung nutzbar sind*. Dissertation: Universität Wien.
- EAVG 2012. (April 2012). *Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012*. Bundesgesetzblatt Republik Österreich.
- EPBD 2002. (December 2002). *Richtlinie 2002/91/EC über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive)*. Brüssel: EU.
- EPEA Internationale Umweltforschung GmbH. (12. 03. 2010). *Cradle to Cradle® Case Studies*. Von <http://epea-hamburg.org/index.php?id=170> abgerufen
- EU Commission staff working document. (kein Datum). *Preparing for our future: Developing a common strategy for key enabling technologies in the EU" Current situation of key enabling technologies in Europe*. Brüssel: Commission of the European Communities.
- EU Kommission. (2007). *EU Leitmarktinitiative (Lead Market Initiative for Europe LMI)*. Brüssel: EU.
- EU Solar Decathlon. (12. 09. 2009). *sd europe - Solar Decathlon Europe*. Von <http://www.sdeurope.org> abgerufen
- Fachmagazin für europäischen Recyclingmarkt*. (12. 02. 2010). Von <http://www.eu-recycling.com/> abgerufen
- FH Kärnten. (12. 02. 2010). *Master-Studiengang "Bionik/ Biomimetics in Energy Systems"*. Von <http://www.fh-kaernten.at/bauingenieurwesen-architektur/master/bionikbiomimetics-in-energy-systems/studium.html> abgerufen
- Garcia, M. B. (1997). *Fundamentals of Technology Roadmapping*. Albuquerque: Strategic Business Development Department, Sandia National Laboratories.

- Gerardin, L. (1968). *La bionique (dt. Übers.: Natur als Vorbild — Die Entdeckungen der Bionik. Frankfurt/M.: Fischer 1972)*. Paris: Hachette.
- Gerardin, L. (1972). *Natur als Vorbild: die Entdeckung der Bionik*. Frankfurt.
- Gersri, N. V. (2009). *Dealing with the dynamics of technology roadmapping implementation: A case study* (Bde. Technological Forecasting & Social Change (76, 2009), 50-60).
- Gleich, A. v., Pade, C., Petschow, U., & Pissarskoi, E. (2007). *Potentials and Trends in Biomimetics*. Springer Verlag Heidelberg, Dordrecht, London, New York.
- Gobiet, A. T., & Riegler, A. (2006). *A climate scenario for the Alpine region* (Bd. WegCenter progress report). (U. G. Wegener Center, Hrsg.) Graz.
- GreenBuilding Programme. (18. 11. 2009). *GreenBuilding Programme, EU-Kommission*. Von <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/greenbuilding>;  
<https://www.oegnb.net/greenbuilding.htm> abgerufen
- Gruber, P. (2008). *Biomimetics in architecture - architecture of life and buildings*. Wien: Dissertation, TU Wien.
- Gruber, P.; Schreilechner, B., Blust, A. (Hrsg.). (2010). *Bionik - Innovation & Qualifikation*. Initiative des BMVIT, Österreich.
- Grunwald, A., & Oertl, D. (2006). *Potentiale und Anwendungsperspektiven der Bionik* (Bde. Arbeitsbericht Nr.108, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag). Berlin.
- Gugerli, H. et al. (2008). Graue Energie im Fokus. *Merkblatt SIA 2032*. ETH Zürich.
- Hartmann, C., Schmidmayer, J., Schinagl, C. (2008). *Programmgestaltung Bionik, Endbericht für BMVIT*. Wien.
- IBO Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH. (15. 02 2010). *IBO - Gebäudepässe*. Von <http://www.ibo.at/de/oekopass/index.htm> abgerufen
- Initiative Sonnenhaus Österreich. (10. 06. 2011). *Initiative Sonnenhaus Österreich*. Von <http://www.sonnenhaus.co.at> abgerufen
- Interreg IVC Projekt. (18. 03. 2010). *C2 Cradle to Cradle Design Österreich*. Von <http://www.cradletocradle.at> abgerufen
- Jansen, D. (1999). *Einführung in die Netzwerkanalyse*. Opladen.
- Klima- und Energiefonds. (12. 03. 2011). *Smart Cities & Regions, Programminitiative des Klima- und Energiefonds*. Von <http://www.smartcities.at> abgerufen



- Lee, S. P. (2004). *Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules* (Bde. Technological Forecasting and Social Change (72, 2005), 567-583).
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press.
- Möhrle, M. I. (2002). *Technologie-Roadmapping. Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen*. Berlin.
- Nachtigall, W. (2003). *Bau-Bionik: Natur, Analogien, Technik, Auflage 1*. Saarbrücken: Springer-Verlag.
- Nentwich, M., & Raab, C. (2006). *Bionikpotential in Österreich, Endbericht des Institutes für Technologiefolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften*. Wien.
- Neumann, D. (1993). *Analyse und Bewertung zukünftiger Technologien, Technologieanalyse Bionik*. (VDI-Technologiezentrum, Hrsg.) Düsseldorf.
- Oertel, D., & Grunwald, A. (2006). *Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik, Vorstudie*. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- ÖGNB - Österreichische Gesellschaft für nachhaltiges Bauen. (15. 02. 2011). *TQB Bewertung*. Von <https://www.oegnb.net/tqb.htm> abgerufen
- ÖGNI - Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft. (15. 02. 2010). *ÖGNI Zertifizierung*. Von <http://www.ogni.at/de/zertifizierung> abgerufen
- OIB. (Oktober 2011). *OIB-Richtlinie 6 (Neuaufgabe): Energieeinsparung und Wärmeschutz*.
- ÖNORM EN 15643 (1-4). (2009-2012). *Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden*.
- Österreichischer Baustoff-Recycling Verband. (19. 02. 2010). Von <http://www.br.v.at/service/pg16> abgerufen
- Passivhaus Institut Darmstadt, Dr. Wolfgang Feist. (11. 09. 2009). Von <http://www.passiv.de> abgerufen
- Pfiffner, M. (2001). *Team Syntegrity - Der kybernetische Weg zur Willensbildung*. Onlineveröffentlichung des Cwarel Isaf Institutes in [managementkybernetic.com](http://managementkybernetic.com).
- Phaal, R. F. (2001). *Technology Roadmapping: linking technology resources to business objectives*. University of Cambridge.
- Phaal, R. F. (2004). *Technology Roadmapping – A planning framework for evolution and revolution* (Bd. Technological Forecasting & Social Change). Cambridge.

- Phaal, R. F. (2005). *Developing a Technology Roadmapping System* (Bde. Portland International Conference on Management of Engineering and Technology PICMET (2005), Issue: 1). (U. o. Engineering Department, Hrsg.)
- Plant Biomechanics Group, Universität Freiburg. (19. 05. 2010). *Plant Biomechanics Group, Universität Freiburg*. Von <http://www.botanischer-garten.uni-freiburg.de/plantbiomechanicsgroup.htm> abgerufen
- Plattform Zukunft Bau. (18. 01. 2010). *Bauinnovationen*. Von <http://www.bauinnovationen.ch> abgerufen
- Plattform Zukunft Bau. (18. 01. 2010). *Innovationsförderung für die Bauwirtschaft*. Von <http://www.zukunftbau.ch> abgerufen
- Preisler, A. S., Pol, O., & Gosztanyi, S. (2012). *FUTUREbase - Verbindung innovativer Strategien und Technologien zu einem ganzheitlichen, ressourcenschonenden Plusenergiegebäude*. Wien: Forschungsprojekt im Rahmen des Programms "Haus der Zukunft Plus", gefördert durch BMVIT.
- Prettentahler, F., & Gobiet, A. (2008). *Heizen und Kühlen im Klimawandel* (Bd. Teil 1). Verlag der ÖAW.
- Raab, C., & Nentwich, M. (September 2006). *Bionik-Potenzial in Österreich*. Institut für Technikfolgen-Abschätzung, Studie im Auftrag des BMVIT.
- Richtlinie 2008/98/EG. (19. November 2008). *Abfälle und Aufhebung bestimmter Richtlinien, Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates*.
- Richtlinie 2010/31/EU. (19. 05. 2010). ‚Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden‘, Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der EU.
- Schlicksupp, H. (1999). *Innovation, Kreativität & Ideenfindung* (5. Auflage Ausg.).
- Schnetzler, N. (2004). *Die Ideenmaschine, Methode statt Geistesblitz- Wie Ideen industriell produziert werden* (3. Auflage Ausg.). Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Sommerlatte, T., & Deschamps, J. (1985). *Technologieorientiertes strategisches Marketing: Die Entwicklung eines neuen Bezugsrahmens zur Generierung von Marketingstrategien für technologieorientierte Unternehmen*. Deutscher Universitätsverlag.
- Sydow, J. (1999). *Management von Netzwerkorganisationen – Zum Stand der Forschung*. Opladen.

- Thaller, N. (12. 05. 2010). *Mit Gebäudezertifizierung nachhaltig planen und bauen*. Von architektur & bauforum: <http://www.architektur-bauforum.at/ireds-103653.html> abgerufen
- TU Wien. (12. 02. 2010). *Kooperationszentrum für Bionik/Biomimetics*. Von [http://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news\\_detail/article/4978/](http://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/4978/); <http://bionik.tuwien.ac.at> abgerufen
- TU Wien. (24. 03. 2011). *TU Wien Forschungsschwerpunkt „Energie und Umwelt“*. Von <http://energiwelten.tuwien.ac.at> abgerufen
- US Green Building Council. (08. 11. 2009). *LEED - Leadership in Energy and Environmental Design*. Von <http://new.usgbc.org/leed> abgerufen
- US Solar Decathlon. (12. 09. 2009). *Solar Decathlon, US Department of Energy*. Von <http://www.solardecathlon.gov> abgerufen
- VDI. (1993). *Analyse und Bewertung zukünftiger Technologien*. Düsseldorf: VDI Verein deutscher Ingenieure.
- VDI. (2012). *Bionik - Konzeption und Strategie - Abgrenzung zwischen bionischen und konventionellen Verfahren/Produkten*. VDI Richtlinie: VDI 6220, Blatt 1.
- Wege zum Effizienzhaus-Plus, im Rahmen der Förderinitiative ‚Modellprojekte im Plus-Energie-Haus-Standard‘, Informationsbroschüre. (August 2011). Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- Wibke, T. (2009). Soziale Nachhaltigkeit von Gebäuden und Bauprozessen. In I. GmbH (Hrsg.), *Kongress Nachhaltig Bauen und Bewerten - vom Energie zum Nachhaltigkeitsausweis*, (S. S.49-54). Messezentrum Wien.
- Wind, G., & Heschl, C. (2008). Graue Energie – ein wesentlicher Faktor zur Energieoptimierung von Gebäuden. *E-nova2008, Internationaler Kongress: Intelligente Gebäude – Responsive Buildings and Elements*.
- Wirth, S. (2011, 2012). „Zukunft Bauen 2011 und 2012“ - Befragungen von Bauexperten zu Gebäudekonzepten und anderen Zukunftsfragen durchgeführt jeweils im Jänner und Feber 2011/2012. Wien: Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, Geschäftsstelle Bau, klima:aktiv.
- Zahn, E. (1995). *Handbuch Technologiemanagement*. Schäffer-Poeschel Verlag.

**Abbildungsverzeichnis** (alle Abbildungen sind projektbezogene Quellen)

Abbildung 1: Zielsetzung für BAUBIONIK POTENZIALE .....	16
Abbildung 2: Projektablaufplan BAUBIONIK POTENZIALE .....	19
Abbildung 3: Berichtsstruktur des Projekts BAUBIONIK POTENZIALE.....	20
Abbildung 4: Themenbereiche im Spannungsfeld „Bauen der Zukunft“ .....	28
Abbildung 5: Bionische Methoden/Vorgehensweisen .....	38
Abbildung 6: Bionische Potenzialfelder für Baubionik Potenziale .....	45
Abbildung 7: Projektphase 1 - Erfassung der Themenvielfalt .....	47
Abbildung 8: Vier Themenfelder als Leitstruktur für Ideenfindung .....	48
Abbildung 9: Brainstorming zu Bauen der Zukunft .....	51
Abbildung 10: Ikosaeder.....	63
Abbildung 11: Ikosaeder mit eingetragenen Namen .....	64
Abbildung 12: 1. Expert/innen-Workshop.....	65
Abbildung 13: 2. Expert/innen-Workshop.....	66
Abbildung 14: Projektphase 2 - Erfassung von bionischen Aktionsfeldern .....	69
Abbildung 15 - Aufgliederung in 4 Aktionsfelder für bionische Potenziale .....	70
Abbildung 16: Formular für die Kooperationsbörse – Expert/innen.....	75
Abbildung 17: Bewertungsschema für Technologiereports.....	76
Abbildung 18: Projektphase 3 und 4 - Verdichtung und Selektion .....	89
Abbildung 19: Vorlage des Bewertungsschemas für die Fact Sheets.....	91
Abbildung 20: Aktionsfelder für die Entwicklung des Projekts „Bionisches Haus“ .....	95
Abbildung 21: Projektidee „Bionisches Haus“ - Tasks/Aufgabenbereiche .....	96

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszug aus den Statements von Expert/innen im Rahmen der Interviews.....	49
Tabelle 2: Ergebnisse des 1. ExpertInnen-Workshop - Zusammenfassung von Ideen .....	71
Tabelle 3: Auflistung der identifizierten Bionik-Projekte und Bionik-Produkte.....	79
Tabelle 4: Projektkonzeptliste und Fact Sheets .....	93

## 8 ANHANG

### Annexes

- ANNEX 1: Sammlung von Fragestellungen in fachlich neutraler Sprache und eindeutigem Bezug zum Ausgangsthema („Themen-Mindmap“)
- ANNEX 2: Technologiereports über recherchierte existente innovative Produkte und Projekte mit Bionikbezug, aufbereitet im standardisierten Format mit qualitativer Bewertung des Potenzials als Schlüsseltechnologie
- ANNEX 3: Fact Sheets über verdichtete technologische Hypothesen (Ideen) innerhalb des Projekts, aufbereitet im standardisierten Format mit qualitativer Bewertung der Entwicklungsart
- ANNEX 4: Ergebnisprotokoll des Baubionik Workshop 4 – TRIZ (Ergebnisbeispiel für Ideendetailfindung: Vakuumtapete)
- ANNEX 5: BAUBIONIK-POTENZIALE Poster für öffentliche Veranstaltungen