

Funktionsmatrix "functional data base" = Fragestellungen

Annex 1.1
Phase 1: Adaptive pro-aktive
Fassadentechnologien.
Arbeitsergebnisse

S. Gosztanyi

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

46a/2013

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>

Funktionsmatrix "functional data base" = Fragestellungen

Annex 1.1

Phase 1: Adaptive pro-aktive Fassadentechnologien.
Arbeitsergebnisse

Dipl.-Ing. Susanne Gosztonyi
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Wien, Juni 2010

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 Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

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

FUNKTIONSANFORDERUNGEN AN EINE FASSADE DER ZUKUNFT

1. Grundlagen

Die Datengrundlage zur Erhebung des Status Quo bildeten vorangegangene ausführliche Studien zu Fassadentrends und –technologien, Expert/innen-Interviews, ein von der Antragstellerin veranstalteter Workshop zum Thema „Fassade der Zukunft“ und die Teilnahme an internationalen Symposien zu innovativen Fassadentechnologien. Die Zusammenführung der Daten schaffte einen guten Überblick über die technologischen Trends und architektonischen Visionen, sowie derzeitigen Nutzer/innenbedürfnisse. Dieser Überblick wurde in einem weiteren Schritt mit der visionären Ideenfindung einer „Fassade der Zukunft“ ergänzt, welche mittels einer im Projekt durchgeführten Online-Umfrage an unterschiedlichste Personengruppen (Fachexpert/innen, Nutzer/innen, Architekt/innen, Facility Manager/innen, etc.) erhoben wurde.

Die Anforderungsprofile an eine „energieeffiziente klima-adaptive multifunktionale Fassade“ wurden einerseits auf Basis der vorher beschriebenen Trends und Visionen, andererseits auf Basis einer Metarecherche über Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Publikationen zum Thema innovative Fassade, aus Projektberichten und Simulationsergebnissen bei wissenschaftliche Planungsbegleitungen der Antragsstellerin erarbeitet. Um das Ergebnis für die folgenden Schritte in Phase 2 nutzbar zu machen, wurden die vielschichtigen Anforderungen in mehreren Abstraktionsschritten und durch einige Feedbackdiskussionen mit dem internationalen Expert/innenteam im Projekt auf „interdisziplinär verständliche Fragestellungen“ konzentriert und als Funktions- bzw. Prinzipienmatrix zusammengefasst.

1.1. Technische Zielsetzungen

- Klima und Energie:

Der vorrangige Fokus der Grundlagenstudie zielt auf eine technologisch machbare Reduktion des Energiebedarfs bzw. auf Einsparungspotenziale der fossilen Betriebsenergie im Sinne der CO₂-Reduktion bei gleichzeitiger Steigerung des Komforts und der „natürlichen Intelligenz“ der Fassade ab, Daher wird nach Kriterien zur Beschreibung der "visionären" Fassaden gesucht, welche mit wenig Energie mehr Komfort und Funktionalität leisten. Thermisch und visuell beschreibbare Faktoren der Behaglichkeit werden damit ins Zentrum gestellt, da die Erreichung einer hohen Behaglichkeit (Bedürfnis Nutzer/innen) stets mit dem Einsatz von Energie verbunden ist. Ziel ist, potenzielle biologische Vorbilder zu identifizieren bzw. bionisch inspirierte Fassadenkonzepte zu entwickeln, die eine Reduktion des Primärenergiebedarfs von Gebäuden in einem sichtbaren Ausmaß unterstützen könnten.

- Sekundäre Ziele:

Weitere Faktoren zur Beurteilung der Nachhaltigkeit, wie z.B. Stoffkreisläufe der Materialien bei Produktion, Betrieb und Rohstoffwiederverwendung (graue Energie,

C2C), Reinigung (Selbstreinigung), Wartung, etc. können in der Studie nicht berücksichtigt werden. Diese Faktoren zur Evaluierung der Nachhaltigkeit der identifizierten Potenziale sind aufgrund der zur Verfügung stehenden Methodik und Ressourcen nicht behandelt werden, können jedoch im Rahmen fortführender Untersuchungen behandelt werden.

1.2. Nicht-Ziele

- Bautechnik:

Im Projekt werden keine bautechnischen statischen oder mechanischen Beanspruchungen und Belastbarkeiten untersucht. Dies betrifft Untersuchungen wie zB: Leichtbaueigenschaften (Tragfähigkeit, Standfestigkeit, Steifigkeit bzw. Festigkeit des Materials, Gewicht,...), Montage, mechanische Beanspruchungen durch Witterung.

- Akustik:

Weiteres werden Behaglichkeitskriterien aus der Akustik vernachlässigt, da der direkte Zusammenhang mit einer Energieeinsparung nicht betrachtet wird.

Dennoch wird bei der Auswahl der möglichen Potenziale auf diese Kriterien Rücksicht genommen bzw. eine grobe qualitative Einschätzung gemacht.

2. Zielkriterien

Auf Basis der vorangegangenen Analysen und Kriterienliste sowie nötigen Abstrahierung und Fokussierung auf energierelevante Zielkriterien wurden Funktionsfelder definiert, welche wie folgt lauten:

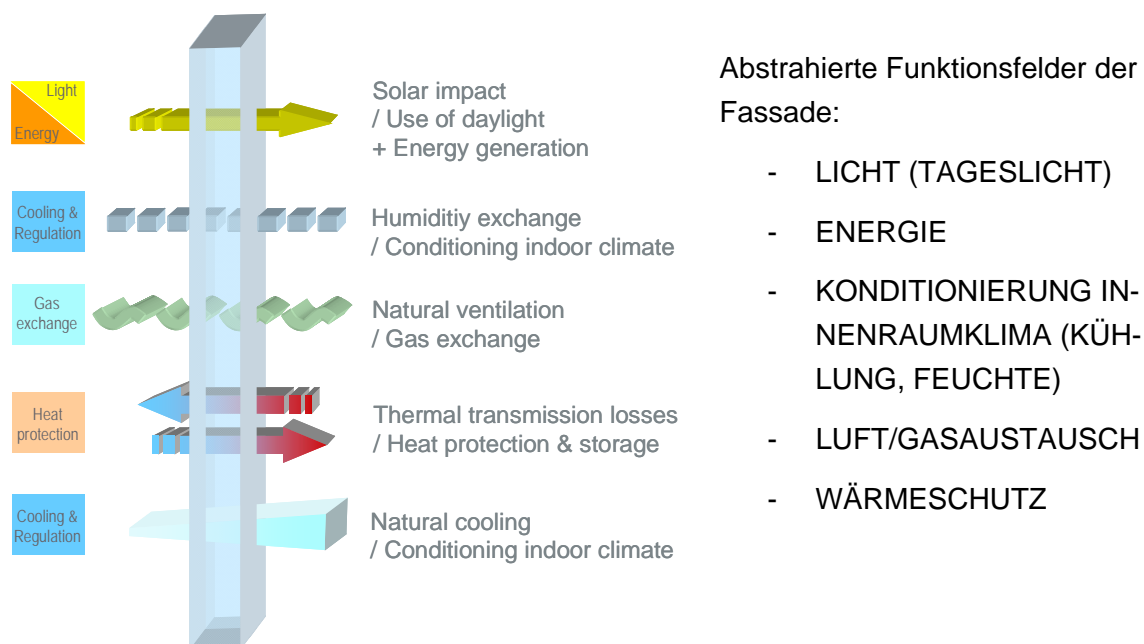


Abbildung 1: Energetische Grundfunktionen einer Fassade

Tabelle 1: LICHT | LIGHT – Beispiel Auszug Funktionsmatrix

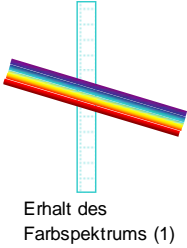
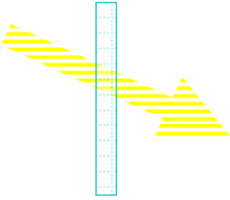
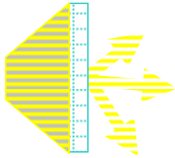
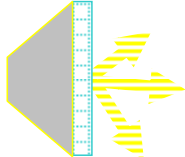
ID	KATEGORIE (HAUPTFUNKTION)	ZIELSETZUNG (SUBFUNKTION)	AUFGABENSTELLUNG
1	Tageslichtnutzung	Maximale Transmission des sichtbaren Lichts	Gewährleistung einer hochwertigen Tageslichtnutzung
2	Tageslichtnutzung	Selektive Lichttransmission durch Stoffe	Gewährleistung eines optimalen Sonnenschutzes
3	Wärmeschutz	Vermeidung von Überhitzung durch Wärmestrahlung	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes bei transparenten Bauteilen
4	Wärmedämmung	Hochwertige Wärmedämmfähigkeit, Vermeidung von Wärmeverlusten	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes bei opaken Bauteilen
5	Wärmespeicherung	Nutzung thermische Trägheit/ Einsatz thermischer Masse	Gewährleistung gleichmäßiger Innenraumtemperaturen
6	Natürliche Lüftung	(Passiver) Luftaustausch mit Wärmehückgewinnung	Ausreichender Luftwechsel ohne Wärmeverlust
7	Natürliche Kühlung	Erzeugung (passiver) Kühlung ohne Hilfsenergien	Optimaler Innenraumkomfort bei wechselnden Außenbedingungen
8	Luftfeuchtereulation	Regulation der relativen Feuchte	Optimaler Innenraumkomfort
9	Energieumwandlung	Regenerative Energieproduktion	Verlässliche Energiegewinnung aus erneuerbaren lokalen Energiequellen
10	Energietransport / -verteilung	Verlustfreier Transport von Energie ohne zusätzlicher Hilfsenergie	Bereitstellung und Verteilung von Energie (Wärme, Licht) ohne merkbare Verluste

Aufgrund der in Abstimmung mit Phase 2 nötigen Abstrahierung der Fragestellungen aus dieser Funktionsmatrix und der in der Biologie üblichen Aufteilung von Struktur, Funktion und Material, sowie der Konzentration auf die wesentliche Energieverbrauchsfaktoren in Bezug auf die Behaglichkeit wurde die daraus entwickelte Prinzipienmatrix nicht in Klassen geteilt, sondern zur Nutzung für die weiteren Schritte in Phase 2 in Funktionen gegliedert.

3. Funktionsmatrix zu den Aufgaben einer künftigen Fassade

Die Prinzipienmatrix beschreibt anhand der vorhin beschriebenen Funktionsfelder ausführlich die einzelnen Vorgaben, Zielsetzungen und Benefits sowie – als wesentlichste Information für Arbeitspaket 2 – die abstrahierten Fragestellungen, mit denen auf die Suche nach biologischen Analogien gegangen wird. Anhand des folgenden Auszugs zum Thema Licht wird exemplarische dieses Ergebnis demonstriert (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: BioSkin Funktionsmatrix (Auszug) – Fragestellungen zur Kategorie Licht – ID 1

Hauptfunktion	Aufgabenstellung	
TAGESLICHT-NUTZUNG DAY LIGHT USE	Gewährleistung einer hochwertigen Tageslichtnutzung durch ein transparentes/transluzentes Medium in den Innenraum	
	<i>Zielsetzungen (Subfunktion)</i>	<i>Fragestellungen</i>
<p>1</p>  <p>Erhalt des Farbspektrums (1)</p>	<p><u>Maximale Lichttransmission...</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ohne Veränderung des Tageslichtspektrum (sichtbarer Bereich) und der wahrnehmbaren Helligkeit (1_1) 	<p>Wie kann Tageslicht ohne Veränderung des Farbspektrums im sichtbaren Wellenlängenbereich durch Stoffe transmittiert werden? Wann, wie und warum wird kontrolliert das Farbspektrum durch Filterung verändert?</p>
<p>1</p>  <p>Lichtstrom bleibt erhalten (2)</p>	<p><u>Maximale Lichttransmission...</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ohne Verluste des Lichtstrom (Erhalt der Lichtstärke) (1_2) 	<p>Bei welchen biologischen Vorbildern kann Tageslicht ohne merkbare Verluste der Lichtintensität durch Stoffe transmittiert werden?</p>
<p>1</p>  <p>Solarstrahlung zu schwach (3)</p>	<p><u>Maximale Lichttransmission...</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - bei schwachen Lichtverhältnissen (1_3) 	<p>Wenn die Lichtverhältnisse ungenügend vorhanden sind, wie kann aus der vorhandenen Lichtstärke (Lichtstrom) Licht gewonnen werden? Wie bündeln Organismen Licht?</p>
<p>1</p>  <p>Solarstrahlung nicht vorhanden (4)</p>	<p><u>Maximale Lichttransmission...</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - bei ungenügenden Lichtverhältnissen (1_4) 	<p>Gibt es alternative Lichtgewinnung? (Fluoreszenz, Photolumineszenz, ...) die zur Lichtgewinnung genutzt werden könnten, wenn solare Strahlung zu schwach oder nicht vorhanden ist?</p>

Die komplette Funktionsmatrix ist anschließend angefügt.

Aus den Fragestellungen wurden zusammen mit Phase 2 sogenannte "biologized questions" formuliert, welche als "Übersetzerfragen" von technologischen Zielsetzungen in biologisch relevante Suchfragen für die Recherche in biologischen Datenbanken, Papers, etc. nötig waren.

Für das genannte Beispiel sind diese wie folgt:

- 1) Erhalt des Farbspektrums: verändern/filtern/regeln der Licht-Wellenlängen und des Farbspektrums

- 2) Lichtstrom bleibt erhalten: Lichtleitung durch Stoffe ohne Verlust der Lichtstärke/Lichtstroms
- 3) Solarstrahlung zu schwach: Lichtlenkung; Lichtbündelung; Lichtquellenverstärkung / -konzentration; effizientes Verwenden von Licht; Leitung von Licht über längere Strecken in einem Medium (nicht Luft)
- 4) Solarstrahlung nicht vorhanden: Lichterzeugung (aus anderen Quellen als Solarstrahlung)

4. Schlussfolgerungen

Die große Herausforderung in Phase 1 bestand in der inhärenten Komplexität der Aufgabenstellung. Es wurde bereits beim 1. Expert/innen-Workshop erkennbar, dass eine umfassende Definition einer „Fassade der Zukunft“ mit den ausführbaren Anforderungswünschen, Funktionsfähigkeiten und vielschichtigen Nutzungen und Bedarfserhebungen nur abstrahiert betrachtet werden kann. Eine fundierte Auseinandersetzung mit allen Aspekten auf der Anforderungsebene würde ein extra dafür definiertes Projekt mit Expert/innen aus weiteren Disziplinen wie zB der Soziologie, Humanmedizin oder Trendforschung benötigen. Da die vorrangige Zielsetzung der Grundlagenstudie auf eine technologisch machbare Reduktion des Energiebedarfs bzw. auf Einsparungspotenziale der fossilen Betriebsenergie im Sinne der CO₂-Reduktion bei gleichzeitiger Steigerung des Komforts und der „natürlichen Intelligenz“ der Fassade abzielt, wurde eine Definition von Suchkriterien für Fassaden entwickelt, welche mit wenig Energie mehr Komfort und Funktionalität leisten. Dabei wurden thermisch und visuell beschreibbare Faktoren der Behaglichkeit ins Zentrum gestellt, da die Erreichung einer hohen Behaglichkeit (Bedürfnis Nutzer) stets mit dem Einsatz von Energie verbunden ist. Eine SWOT Analyse von Fassadenkomponenten, -systeme und -materialien am Markt wurde daher als nicht zielführend gestrichen, stattdessen wurde eine Recherche über nutzergerichte Bedürfnisse bzw. Komfortwerte durchgeführt.

Aufgrund der in Abstimmung mit Phase 2 nötigen Abstrahierung von Suchkriterien und der in der Biologie unüblichen Aufteilung von Struktur, Funktion und Material, sowie der Konzentration auf die wesentliche Energieverbrauchsfaktoren in Bezug auf die Behaglichkeit wurde die Prinzipienmatrix nicht in Klassen geteilt, sondern zur Nutzung für die weiteren Schritte in Phase 2 in Funktionen gegliedert.

BioSkin

FUNKTIONSMATRIX ANFORDERUNGSPROFILE

FUNCTIONAL MATRIX



ARBEITSPAKET 1 - Fassadenspezifikation

Work Package 1 - Facade Specification

Status: 15.12.2009

Last update: 03.03.2010

ZIEL TARGET	PARAMETER PARAMETER	VORGABE REQUIREMENT	ZIEL TARGET	BENEFIT (Nutzer, Wirtschaft, Energieeffizienz, Umwelt) BENEFIT (user, economics, energy efficiency, environment)	SPEZIFIKATION des Zielsetzung SPECIFICATION of TARGETS
LICHT LIGHT					
	Tageslichtnutzung	Gewährleistung einer hochwertigen Tageslichtnutzung im Innenraum	Maximale Transmission des sichtbaren Lichts	Reduktion Kunstlicht; Hoher visueller Komfort; Einsparung Beleuchtungsenergie (Wartung, Technik); maximale Nutzung "natürlicher Lichtquellen"	Erhalt des Farbspektrums (1), Erhalt des Lichtstroms (2), Maximale Nutzung der Lichtquelle (3), Qualitative Lichtgeneration (4)
	Day light use	Warranty of highly efficient day light use	Transmit light at maximum...	Reduction artificial lighting; high visual comfort; saving of energy for lighting (service, technology); maximal use of "natural light sources"	Preservation of colour spectrum (1), Preservation of luminosity (2), maximal use of light resources (3), qualitative light generation (4)
	Tageslichtnutzung	Gewährleistung eines optimalen Sonnenschutzes	Selektive Lichttransmission...	Vermeidung Blendung, Hoher visueller Komfort; Einsparung Energie, Wartung, Sonnenschutztechnik; Optimale Nutzung des Tageslicht	Gleichmässige Verteilung (5), Änderung des Transmissionsgrades (6,7), Nachführung/lenkung des Lichts (8)
	Day light use	Warranty of optimal shading	Transmit light selectively...	Avoidance of glare; high visual comfort; saving of energy, service, sun protection technology; optimized use of day light	Constant distribution (5), Changing of transmission factor (6,7), Tracing/directing light (8)
WÄRMESCHUTZ HEAT PROTECTION					
	Wärmeschutz	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes bei transparenten Bauteilen	Selektive Transmission der Wärmestrahlung...	Vermeidung von Überhitzung durch Wärmestrahlung; Einsparung Kühlenergie (Wartung, Technik), Hoher thermischer Komfort	Filterung/Reflexion der Wärmestrahlung (9), Absorption von Wärmestrahlung bei semitransparenten Stoffen (10)
	Heat protection	Warranty of high-efficient heat protection at transparent building components	Selective transmission of heat radiation...	Protect from heat / Avoid overheating from thermal radiation; saving of cooling energy (service, technology), high thermal comfort	Filterung/reflection of thermal heat radiation (9), absorption of heat radiation of semitransparent (thermal storing) material (10)
	Wärmedämmung	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes bei opaken Bauteilen	Hochwertige Wärmedämmfähigkeit	Vermeidung Wärmeverluste; Reduktion Heizbedarf (Technik, Wartung); Einsparung Heizenergie; Hoher thermischer Komfort	Wärmedämmeigenschaften durch Material, Struktur (11, 12)
	Thermal Insulation	Warranty of high-efficient heat protection at opaque building components	Efficient thermal insulation	Avoidance of heat loss; reduction heat demand; saving of energy for heating (service, technology); high thermal comfort	Heat insulation quality via material, structures (11, 12)
	Wärmespeicherung	Nutzung thermische Trägheit/ Einsatz thermischer Masse	Gewährleistung gleichmässiger Innenraumtemperaturen	Nutzung Wärmeenergie für thermischen Komfort; Optimierung Energiebilanz (Einsparung Heiz/Kühlenergie)	Hocheffiziente Wärmespeicherfähigkeiten bei opaken / transluzenten Materialien, Strukturen (15, 16, 17)
	Thermal Storage	Use of thermal mass / Application of thermal storage mass	Management of constant indoor temperature	Use of heat energy for thermal comfort; Optimization energy balance (saving of heating /cooling energy)	High efficient heat storing attributes of opaque / translucent materials and structures (15, 16, 17)
GASTAUSTAUSCH GAS EXCHANGE					
	Natürliche Lüftung	(Passiver) Luftaustausch mit Wärmerückgewinnung	Ausreichender Luftwechsel ohne Wärmeverlust	Nutzung natürlicher Lüftungsprinzipien; hoher hygienischer Komfort; Einsparung Lüftungstechnik, Energie, Wartung;	Luftaustausch durch Struktur-/ Materialeigenschaften (18, 19), Luftaustausch durch physikalische Effekte (20, 21), Luftführung (22)
	Natural ventilation	(Passive) air ventilation with heat recovery...	Sufficient air exchange without heat loss	Use of natural ventilation principles; high hygienic comfort; savings of ventilation technology, services and energy	Air exchange via structural / material attributes (18, 19), air exchange via physical effects (20, 21), air tracing/directing abilities (22)
	Wärmeschutz	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes	Minimierung des Luftaustausches	Vermeidung von Energieverbrauch durch Lüftung; Reduktion Heiz/Kühlbedarf (Technik, Wartung); Einsparung Energie; Hoher thermischer Komfort	Minimierung des Luftaustausches per Infiltration, Öffnungen (13, 14)
	Energy efficient ventilation	Warranty of energy-efficient air exchange	Reduction of air flow to a energy efficient minimum	Avoidance of energy loss via ventilation; reduction heating/cooling demand; saving of energy, service, technology; high thermal comfort	Reduction of air exchange through infiltration, openings (13, 14)

KONDITIONIERUNG INNENRAUMKLIMA CONDITIONING INDOOR CLIMATE					
	Natürliche Kühlung	Optimaler Innenraumkomfort bei wechselnden Aussenbedingungen	Erzeugung (passiver) Kühlung ohne Hilfsenergien	Vermeidung von Energieaufwand für Kühlung; Reduktion Kühlbedarf (Technik, Wartung); Einsparung Energie; Hoher thermischer Komfort	Kühlung durch Abstrahlungseffekte (23, 26), Kühlung durch Luftbewegung (24, 26), Kühlung durch Verdunstung (25)
	Natural cooling	Moderate indoor comfort at changing outdoor conditions	Generate (passive) cooling without auxiliary energy...	Avoidance of energy use for cooling; reduction cooling demand; saving of energy, service, technology; high thermal comfort	Cooling via radiation (23, 26), cooling via air flow (24, 26), cooling via evaporation (25)
	Luftfeuchte-regulation	Optimaler Innenraumkomfort	Regulation der relativen Feuchte	hoher thermischer Komfort, Positiver Einfluss auf Gesundheit (sick building syndrom), reduction of supply technology, Wartung	Feuchteregulation durch steuerbare Speicherung und Abgabe (27)
	Maintainance of humidity	Moderate indoor comfort	regulate / maintain humidity...	high thermal comfort, positive influence on health (sick building syndrom); reduction of supply technology	Humidity regulation via controllable storage and disposal (27)
ENERGIE ENERGY					
	Energieumwandlung	Verlässliche Energiegewinnung aus erneuerbaren lokalen Energiequellen	regenerative Energieproduktion	Nutzung natürlicher Energiressourcen; Einsparung fossiler Energieträger; CO2 Reduktion; Klimaschutzbeitrag; ökologischer Fussabdruck	Nutzung direkter/indirekter Solarstrahlung (28, 29), Osmose (30), Nutzung der Windkraft (31), Nutzung energieproduzierender Effekte (32), Nutzung von Erdkraft (33)
	Energy conversion	Reliable energy generation from local renewable energy source	regenerative energy production	use of natural local energy sources, saving (non-use) of fossil energy sources, CO2 reduction, climate protection contribution; ecological footprint	Use of direct/indirect solar radiation (28, 29), Osmosis (30), use of wind power (31), use of energy producing effects (32), use of geothermal power (33)
	Energietransport	Bereitstellung und Verteilung von Energie (Wärme, Licht) ohne merkbare Verluste	verlustfreier Transport von Energie ohne Einsatz von Hilfsenergie	Vermeidung des Einsatzes von Hilfsenergie	Lichttransport (34), Wärmetransport (36), Wassertransport (37)
	Energy transport	Supply and distribution of energy (heat, light, electricity) without loss	transport of energy without loss and support of supply energy	Avoidance of supply energy use;	Light transport (34), heat transport (36), water transport (37)

BioSkin
FUNKTIONSMATRIX ANFORDERUNGSPROFILE
 FUNCTIONAL MATRIX
 ARBEITSPAKET 1 - Fassadenspezifikation
 Work Package 1 - Facade Specification

Status: 15.12.2009
 last update: 01.03.2010

FASADENKRITERIEN - technische Anforderungen FACADE CRITERIA - technical requirements			TECHNISCHE ZIELSETZUNG TECHNICAL GOALS	FRAGESTELLUNGEN (Bauphysikalische Perspektiven) APPLIED QUESTIONS (perspective of building physics)	BIOLOGISCHE FRAGESTELLUNGEN BIOLOGIZED QUESTIONS	
TYPE	FUNKTION FUNCTION	AUFGABE TASK	ID			
LICHT LIGHT	Tageslichtnutzung Day light use	Gewährleistung einer hochwertigen Tageslichtnutzung Warranty of highly efficient day light use	1	Maximale Lichttransmission... Transmit light at maximum...		
				(1) ohne Veränderung des Spektrums im sichtbaren Bereich und der wahrnehmbaren Helligkeit	Wie kann Tageslicht kann ohne Veränderung des Farbspektrums im sichtbaren Wellenlängenbereich durch Stoffe transmittiert werden? Wann, wie und warum wird kontrolliert das Farbspektrum durch Filterung verändert?	- verändern/filtern/regeln der Licht-Wellenlängen und des Farbspektrums
				(1) without changing of colour spectrum / transmitting visible wavelength area (380nm - 750nm) without loss	How can daylight be transmitted without changing the wavelength in the perceivable area and without changing the quality of colour spectrum to our perception? How, when and why would this be changed intentionally?	- change/filter/control wavelength/colour spectrum
				(2) ohne Verluste des Lichtstroms	Bei welchen biologischen Vorbildern kann Tageslicht ohne merkbare Verluste der Lichtintensität durch Stoffe transmittiert werden?	- Lichtleitung durch Stoffe ohne Verlust der Lichtstärke/Lichtstroms
				(2) without loss of luminosity/ luminous flux	Which biological role models transmit light through substances without loss of light intensity / luminous flux? How do they maintain luminosity?	- transmit light with minimal loss of intensity/in full intensity
				(3) bei schwachen Lichtverhältnissen	Wenn die Lichtverhältnisse ungenügend vorhanden sind, wie kann aus der vorhandenen Lichtstärke (Lichtstrom) Licht gewonnen werden? Wie bündeln Organismen Licht?	- Lichtlenkung - Lichtbündelung - Lichtquellenverstärkung / -konzentration - effizientes Verwenden von Licht - Leitung von Licht über längere Strecken in einem Medium (nicht Luft)
				(3) at poor natural light conditions	If the availability of natural light is poor, how could biological role models generate light out of the local resources? How do they concentrate poor remaining light sources from solar radiation?	- direct/guide light - bundle light - intensify light - luminosity - use light effectively - transmit light over (long) distances within a medium (not air)
				(4) ungenügende Lichtverhältnisse (4)	Gibt es alternative Lichtgewinnung? (Fluoreszenz, Photolumineszenz, ...) die zur Lichtgewinnung genutzt werden könnten, wenn solare Strahlung zu schwach oder nicht vorhanden ist?	- Lichterzeugung (aus anderen Quellen als Solarstrahlung)
				(4) at non available natural light conditions (4)	Which alternative light generation methods are existing in nature? (fluorescence, photo luminescence, ...) How could this be used for light gain, if no solar radiation is available?	- generate light
				LICHT LIGHT	Tageslichtnutzung Day light use	Gewährleistung eines optimalen Sonnenschutzes Warranty of optimal shading
(5) durch diffuse Verteilung	Gibt es Lösungen, die Lichtquellen zerstreuen/verteilen, um gleichmäßige Leuchtdichten gewährleisten zu können?	- zerstreuen von Licht - gleichmäßige Leuchtdichtenverteilung				
(5) via diffuse distribution	How do natural role models disperse / diffuse light to achieve constant luminance?	- disperse/scatter light - generate constant luminance/light density				
(6) durch Veränderung des Transmissionsgrades / Reflexionsgrades	Gibt es Stoffe, Systeme, deren Transparenzgrad verändert werden kann? Wie? Bleibt das Farbspektrum im sichtbaren Bereich erhalten? Wenn nicht, welche Nach-/Vorteile bringt das?	- verändern/kontrollieren des Transmissionsgrades - verändern/kontrollieren des Reflexionsgrades				
(6) per changing / adapting of transmission factor / reflectance	Which natural role models can change / adapt the transmission factor? How? Will the visible colour spectrum remain while changing the transmission factor?	- change/control transmission factor / transmittance/transparency - change/control reflectance/reflection coefficient				
(7) durch Veränderung der geometrischen Form, mechanischer Funktionalität	Gibt es Systeme in der Natur, die durch die Form/Struktur/Oberflächenbeschaffenheit (geometrische Anordnung, keine Materialattribute) "gewollt" (selbst) abschatten?	- Gewollte Abschattung - Vermeidung von Licht				
(7) per changing of the structural form, mechanical functionality	Are natural systems existing, which are able to avoid direct solar radiation by changing/adapting their structural attributes / form / surface (without changing their material attributes)?	- generate sunshade - avoid light				
(8) durch Nachführung	Wie reagieren biologische Organismen auf Lichtveränderungen (zB Verschattung, Sonnenlauf)? (Sichwort: Kinetik)	- Reaktion auf wechselnde Lichtverhältnisse - Erhalt konstanter Lichtverhältnisse				
(8) via tracing	How do organism react on light changing conditions? (Adaption to the sun path by tracing radiation)	- react/adapt to changing light conditions - maintain constant light conditions				
WÄRMESCHUTZ HEAT PROTECTION	Wärmeschutz & Transparenz Thermal insulation & transparency	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes Warranty of high-efficient heat protection	3	Vermeidung von Überhitzung durch Wärmestrahlung... Protect from heat / Avoid overheating from thermal radiation...		
				(9) durch Filterung/Reflexion der Wärmestrahlung durch transparente Stoffe	Gibt es natürliche Vorbilder, die Wärmestrahlung bei gleichzeitiger maximaler Lichttransmission komplett filtern/reflektieren?	- Transmittieren von Licht bei gleichzeitigem Reflektieren von thermischer Strahlung - Vermeiden von Wärmeübertragung durch transparente Stoffe
				(9) through filtering/reflecting thermal radiation in transparent material / substances	How is nature filtering/reflecting thermal radiation in material whilst transmitting maximum light?	- reflect thermal radiation whilst transmit light at maximum - avoid thermal heat transfer through transparent material
				(10) durch Absorption von Wärme bei semitransparenten (wärmespeichernden) Stoffen	Gibt es transparente Stoffe, die eine hohe Absorption der Wärmestrahlung bei einer hohen Lichtdurchlässigkeit gewährleisten?	- Transmittieren von Licht bei gleichzeitigem Filtern/Absorbieren von thermischer Strahlung
(10) via absorbing thermal radiation within semitransparent (thermal storing) material / substances	Is nature dealing with transparent material, which is able to absorb thermal radiation whilst transmitting light?	- filter/absorb thermal radiation whilst transmit light at maximum				
WÄRMESCHUTZ HEAT PROTECTION	Wärmeschutz Thermal insulation	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes Warranty of high-efficient heat protection	4	Hohe Wärmedämmfähigkeit ... Efficient insulate...		
				(11) durch Materialeigenschaften	Welche Materialien werden zur Wärmedämmung eingesetzt? Warum (zB aufgrund niedriger Wärmeleitfähigkeit)?	- wärmedämmende Materialien (inhärente Eigenschaften) - Erzeugung niedriger Wärmedämmeigenschaften von Materialien
				(11) through material attributes	Which materials are applied for insulation use? Why (eg. Due to low conductivity, ...)?	- insulate (intrinsic material characteristics) - generate low thermal conductivity by material
				(12) durch geometrische Anordnung von Strukturen, Stoffen, etc.	Gibt es Systeme, Stoffe mit hoher Wärmedämmfähigkeit aufgrund von Adaption der Materialstärken, Anordnung von Schichten (Luftenschlüsse, ...)?	- Isoliereigenschaften (Material- und Struktureigenschaften) - Erzeugung geringere thermischer Wärmeleitfähigkeit durch die Struktur
(12) through structural organisation	Are natural systems, material existing with highly efficient isolation attributes due to adaptivity of geometrical structures, dimensions, adjustment of layers...?	- insulate (material and structure characteristics) - generate low thermal conductivity by structure				
WÄRMESCHUTZ HEAT PROTECTION	Wärmeschutz Thermal storage	Gewährleistung eines optimalen Wärmeschutzes Warranty of high-efficient heat protection	4	Vermeidung von Wärmeverlusten... Avoid heat loss...		
				(13) durch Minimierung des Luftaustausch (100% dicht)	Welche Stoffe, Systeme in der Natur erlauben einen Luftaustausch ohne merkbare Wärmeverluste zu erleiden? Wie findet der Luftaustausch statt? Flächig oder punktuell (Auslässe)? Wie effizient sind diese Lösungen aus der Natur in Bezug auf Volumsstrom/ Kapazität / Luftwechselrate?	- Luftaustausch ohne Wärmeverlust - Luftaustausch - Effizienz (Volumenstrom, Leistung, Luftwechselrate) - Vermeiden von Luftaustausch - Erzeugen von luftdichten Systemen
				(13) via reduction of air exchange rate / infiltration (100% tight)	Which material in nature allows air exchange without recognizable heat loss? How does this air exchange take place? How efficient are natural role models due to volume flow / capacity / air exchange rate?	- exchange air without heat loss - exchange air (efficiency: volume flow, capacity, air exchange rate) - avoid air exchange - generate airtight systems
				(14) durch Minimierung des Wärmeverlustes bei direkter Lüftung (Öffnung)	Gibt es Formen, Öffnungen, Klappen, etc. in der Natur, die einen natürlichen Luftaustausch begünstigen ohne thermische Nachteile für den konditionierten Raum zu schaffen? Wie funktionieren diese und welche Aktuatoren haben sie?	- Lüften - Luftaustausch - geometrisch/räumliche Lösung - Aktivierung von Öffnungen für die Belüftung
(14) via reduction of heat loss through direct ventilation (openings)	Are forms, openings or flaps in nature existing, which support natural air exchange without heat loss? How do they function?	- ventilate - exchange air (spatial solution) - actuate openings for ventilation				

STORAGE CAPACITY Thermische Speicherfähigkeit Thermal mass		ID	Bereitstellung thermischer Masse / Nutzung thermische Trägheit... Generate thermal storage mass / Use of thermal mass...			
	Gewährleistung gleichmässiger Innenraumtemperaturen im Komfortbereich Management of constant indoor temperature within the indoor comfort range	5	(15)	durch hoch speicherfähige Materialien	Welche Prinzipien gibt es bzgl. thermischer Aufnahme- und Abgabefähigkeit von Stoffen zur Speicherung von Wärme?	- lokale Speicherung thermischer Energie - Wärme speichern (materielle Aspekte) - Wärme speichern (strukturelle Aspekte)
		(15)	through high efficient storage-capable material	Which natural principles are having specific thermal absorption and release capability?	- store thermal energy locally - store heat (material aspect) - store heat (structural aspect)	
		(16)	durch Erhöhung der Speicherfähigkeit mittels struktureller Anordnung, Kombinationen von Materialien, Systeme mit Luftzwischenräumen	Gibt es Vorbilder mit hoher Speicherfähigkeit aufgrund von Adaption der Materialstärken, Anordnung von Schichten (Luftschlüsse,...), ohne Änderung der Materialeigenschaften?	- Verbesserung von Wärmespeicherfähigkeit durch Struktur/Material	
		(16)	by increase of the storage capacity via structural assembling, combination with air spaces	Are there role models in nature with high thermal storage capacity due to their adaptivity of geometrical structures, dimensions, adjustment of layers...?	- improve heat storage by structure/material	
		(17)	bei transluzenten Stoffen, die Wärme speichern können	Gibt es transluzente oder transparente Stoffe mit hoher Speicherfähigkeit ?	- Kontrolle der Wärmespeicherung und -abgabe (Zeit) - Erzeugung konstanter thermischer Bedingungen	
		(17)	with translucent material, that is able to store heat	Are ther translucent or transparent solids existing which possess high thermal capacity?	- control heat storage and dissipation (time) - generate constant thermal conditions	
		(17)	Thermische Speicherfähigkeit bei transluzenten Stoffen(17)			
PERMEABILITÄT Natürliche Lüftung PERMEABILITY Natural ventilation		ID	(Passiver) Luftaustausch mit Wärmerückgewinnung und Minimierung des Luftaustausches... (Passive) air ventilation with heat recovery and reduction of air exchange...			
	Ausreichender Luftwechsel ohne Wärmeverlust Sufficient air exchange without heat loss	6	(18)	durch geometrische Anordnung, mehrschichtige Systeme mit Luftzwischenräumen	Gibt es in der Natur geschlossene Systeme, die mittels geometrischer Anordnung belüften ohne Wärme zu verlieren? Gibt es Wärmerückgewinnungsmechanismen?	- Erzeugung von Belüftung durch die Struktur - Erzeugung von Wärmerückgewinnung (durch Struktur)
		(18)	via structural assembling, multilayered systems with air gaps	Are systems (closed?) in nature existing, which support natural air exchange without heat loss by changing /adapting their structure? How do they function?	- generate ventilation by structure - generate heat recovery (by structure)	
		(19)	durch Materialeigenschaften	Gibt es in der Natur geschlossene Systeme, die mittels materialinhärente Eigenschaften "belüften" ohne Wärme zu verlieren? Gibt es hierbei Wärmerückgewinnungsmechanismen?	- Erzeugung von Belüftung durch Material (permeabel) - Erzeugung von Wärmerückgewinnung (durch Material)	
		(19)	via material attributes	Are systems (closed?) in nature existing, which support natural air exchange without heat loss by changing /adapting their inherited material attributes? How do they function?	- generate ventilation by material (permeable) - generate heat recovery (by material)	
		(20)	durch Luftdruckdifferenz ohne aktivem Systemsupport	Schaffen es biologische Vorbilder Luft ausschließlich mittels Luftdruckdifferenzen auszutauschen?	- Passiv lüften - Erzeugen / verwenden von Luftdruckdifferenz - Erzeugung von Luftdurchlässigkeit	
		(20)	via air pressure differences without active supply	Can natural systems provide air exchange only by using air pressure difference?	- ventilate passively - generate/use air pressure difference - generate permeability to air	
		(21)	in Abhängigkeit von Temperaturunterschieden	Nutzt die Natur Temperaturunterschiede für den Luftaustausch? Ist die Funktion davon abhängig?	- Nutzung von Temperaturdifferenz zur Belüftung	
		(21)	in dependance of temperature differences	Does the function "air exchange" always depend on temperature differences in nature?	- use temperature difference for ventilation	
		(22)	durch Nachführung	Durch welche Prinzipien werden Luftströme gelenkt (Anpassung an verändernde Bedingungen)?	- ändern/ kontrollieren von Luftstrom - erhalten eines konstanten Luftstroms	
		(22)	via tracing	Which principles direct air flows (ongoing adaption to changing conditions)?	- change/control air flow - maintain constant air flow	
		(22)	via tracing			
		KONDITIONIERUNG Natürliche Kühlung CONDITIONING Natural cooling		ID	Erzeugung (passiver) Kühlung ohne Hilfsenergien... Generate (passive) cooling without auxiliary energy...	
	Gemässigte Innenraumtemperaturen bei hohen Aussenraumtemperaturen Moderate indoor temperature at extreme outdoor temperature	7	(23)	durch (nächtliche) Abstrahlung	Welche Kühleffekte durch Abstrahlung findet man in der Natur?	- kühlen durch Abstrahlung (z.B. Temperaturdifferenzen)
		(23)	via (nightly) radiation	Which cooling effects are know in nature using radiation only?	- cool by radiation (e.g. temperature differences)	
		(24)	durch Luftbewegung	Gibt es in der Natur geschlossene Systeme, die mittels geometrischer Anordnung gekühlt werden?	- kühlen durch Strukturen (Vermeidung von Oberflächenheizung, Strahlungssymmetrien)	
		(24)	through air flow	Are systems (closed) in nature existing which gain a cooling effect only by adapting the structure?	- cool by structured systems (avoid over heating, generate radiation asymetry)	
		(25)	durch Verdunstung	Gibt es Beispiele, die über Verdunstungsmechanismen flächig kühlen können? Welche Voraussetzungen sind dazu zu berücksichtigen?	- kühlen durch Verdunstung/Transpiration	
		(25)	through evaporation	Are role models existing which use evaporative cooling effect to cool? Which requirements are necessary?	- cool by evaporation/evapotranspiration	
		(26)	durch therm. Grenzschichten	In der Natur wie auch in traditionellen Kulturtechniken gibt es Beispiele wie Grenzschichten verwendet werden, um Kühleffekte bzw. thermische Barrieren zu generieren? (Stichwort: Zebrafell, Schwarzzeil). Welche Methoden gibt es noch, um Temperaturunterschiede herzustellen?	- kühlen durch Erzeugung von thermischen Grenzschichten (Luftstrom)	
(26)	through thermal boundary layers	Known from vernacular architecture, principles using thermal effects at the interfaces to cool, are there role models which are using thermal effects of barrier layers to cool? (example zebra stribes)	- cool by generating thermal boundary layers			
(26)	through thermal boundary layers					
KOMFORT Luftfeuchteregulation COMFORT Maintainace of humidity		ID	Regulation der relativen Feuchte... regulate / maintain humidity...			
	Innenraumfeuchte Constant humidity	8	(27)	durch speichern / austauschen / abgeben von Feuchte	Welche Massnahmen findet man in der Natur um Feuchtigkeit zu regulieren?	- Erhalt/Kontrolle einer konstanten Luftfeuchte
		(27)	per storing /exchanging / emitting moisture	Which measures are found in nature to regulate humidity?	- maintain/control specific moisture contents	
ENERGIE Energieumwandlung ENERGY Energy generation		ID	Regenerative Energieproduktion... regenerative energy generation...			
	Verlässliche Energiegewinnung aus erneuerbaren lokalen Energiequellen Reliable energy generation from renewable energy sources	9	(28)	durch Nutzung direkter solare Strahlung	Wie wird die Nutzung von direkter Solarstrahlung im Zusammenhang mit wechselndem (je Tages-, Jahreszeit) Wärmebedarf in der Natur angepasst?	- Nutzung Sonnenstrahlung - Adaptive solare Energiegewinnung je veränderten Bedarf (Tageszeit, Jahreszeit)
		(28)	via use of direct solar radiation	Is in nature reacting on the use of direct solar radiation when ist depending on changing heat conditions (daily, seasonal changes)?	- use solar radiation - adapt the energy generation by solar radiation to changing need (day, season)	
		(29)	durch Nutzung diffuser Strahlung	Wie generiert die Natur Energie, wenn der Standort keine direkte Solarstrahlung hat? Gibt es Organismen, die andere Quellen, Prinzipien nutzen um Energie zu erzeugen?	- Energie erzeugen ohne direkte Sonneneinstrahlung - Energie erzeugen	
		(29)	via use of diffus radiation (no direct fraction)	How does nature generate energy, if the location does not provide direct solar radiation? Are there organism which can generate energy from other sources than sun? How?	- generate energy in places without direct solar radiation - generate energy	
		(30)	durch Umwandlung, Osmose (Feuchte)	Nutzen Organismen Osmose (selektiv permeable Membrane) zur Energiegewinnung? Wie?	- Nutzung von Osmose für die Energieerzeugung - Nutzung von funktionalen Membranen für die Energiegewinnung	
		(30)	via conversion, osmosis	How do Organism use osmosis for energy generation?	- use osmosis for energy production - use functional membranes for energy production	
		(31)	durch Nutzung von Windkräften	Gibt es Beispiele, die Windkräfte bzw. Luftdruckdifferenzen nutzen, um Energie zu gewinnen ohne sich fortbewegen zu wollen?	- Nutzung von Windenergie (ohne Fortbewegung)	
		(31)	via use of wind power	Are there natural examples existing, which use wind power, air pressure differences for energy generation without possessing movable components ?	- use of wind energy (except for locomotion)	
		(32)	durch Nutzung von energieproduzierenden Organismen (zB Bakterien)	Welche Organismen können Energie durch biochemische Prozesse produzieren und wie?	- Produktion von Energie durch Organismen	
		(32)	via use of energy generating organism (e.g. bacteria)	Which organism produce energy by biochemical processes and how?	- produce energy by organisms	
(33)	durch Nutzung von Erdkräften (Geothermie, Gravitation, Magnetfelder, ...)	Welche Vorbilder nutzen Erdkräfte um Energie zu generieren?	- Nutzung von geologischen Quellen zur Energieproduktion (geothermische Energie, Gravitation, Magnetische Felder, etc.)			
(33)	via use of geothermal power, magnetic field, gravitation	Which role models in nature use geothermal power, magnetic fields, gravitation to generate energy?	- use geological sources to produce energy (geothermal energy, gravitation, magnetic fields)			
(33)	via use of geothermal power, magnetic field, gravitation					
TRANSPORT / VERTEILUNG Energietransport TRANSPORT / DISTRIBUTION Energy transport		ID	Verlustfreier Transport von Energie ohne Hilfsenergie... transport / distribute energy without loss / without auxiliary energy...			
	Energie Verluste heat, light, ...	9	(34)	Lichttransport (Erhalt der Lichtstärke)	Wie kann man Lichtwellen ohne Energieverlust (=Lichtstärkenverlust) über lange Strecken transportieren?	- transportieren von Licht über lange Distanzen ohne Energieverlust (Lichtstärke)
		(34)	light transport with preservation of light flux	How do natural systems transport light waves without energy loss (without loss of luminosity) over large distances?	- transport light without energy loss (loss of luminosity) over long distances	

Bereitstellung und Verteilung von (Wärme, Licht) ohne merkbare Supply and distribution of energy/ electricity) without loss	10	(35) Lichttransport (Lichtlenkung, Lichtumlenkung)	Wie werden Lichtwellen zu bestimmten Zielen gelenkt?	- lenken/führen von Licht zu bestimmten Zielorten
		(35) light transport via redirecting	How do natural systems direct light waves to specific targets?	- direct/guide light to specific locations
		(36) Verlustfreier Wärmetransport	Wie wird Wärmeenergie lokal gespeichert, um diese zu bestimmten Zeiten abrufen zu können bzw. zu transportieren?	- lokale Verteilung von thermischer Energie - Transport thermischer Energie
		(36) heat transport without loss	How is in nature heat energy stored locally for recalling at any defined time?	- dissipate thermal energy locally - transport thermal energy
		(37) Verlustfreier Wassertransport	Wie werden Flüssigkeiten über längere Strecken befördert? Wie können dabei Wärmeverluste reduziert werden? Welche Dimensionen müssen dabei berücksichtigt werden?	- Transport von Flüssigkeiten über weite Strecken - Vermeidung von Wärmeverlust beim Transport von Flüssigkeiten
(37) Water transport without loss	How will fluids be transported in nature over large distances? How to avoid heat loss?	- transport fluids over long distances - avoid thermal loss when transporting fluids		