



Transformation: Struktur/Raum

Raumschiff Mars+. Visualisierung: T. Frings, M. Klähn, HB2, Abt. Hochbau, TU Wien

ARCHITEKTUR & WELTRAUM

Ingenieure, Designer und Architekten finden ihre Inspiration oft in der Natur. Die Natur hat ihre Gestaltungsformen über Jahrmilliarden der Evolution perfektioniert; Ihre Schöpfungen zu imitieren, ist daher eine sichere Methode, um gleichermaßen effiziente wie zuverlässige Technologien zu entwickeln. Anleihen bei der Natur zu suchen, ist in sich selbst keine Neuigkeit, aber heute trägt dieser Ansatz eine neue Bezeichnung (Bionik oder Biomimetik) und ist dabei, die Welt zu erobern. Als wissenschaftliche Disziplin befasst sich die Bionik (Biomimetik) systematisch mit der technischen Ausführung und Umsetzung von Bauweisen, Prozessen und Entwicklungsgrundsätzen biologischer Systeme. Dazu zählen auch verschiedene Wechselwirkungen zwischen lebenden und nichtlebenden Elementen und Systemen.

von Petra Gruber und Barbara Imhof

Gegenwärtige und zukünftige robotergestützte Flüge zum Mond [SMART-1 (ESA), SELENE (Japan), Chandrayaan-1 (Indien), CHANGE-1 (China), Beprobung des Südpols/Aitken-Beckens (USA)] und Mars [Mars Express (ESA), Beagle-2 (ESA), Erkundungsfahrzeuge Spirit und Opportunity (USA), Mars Odyssey (USA)] werden als Vorläufer kommender bemannter Flüge zu den Nachbarplaneten der Erde dienen. Zukünftige bemannte Langzeitflüge werden die Architektur von Weltraumhabitats unmittelbar beeinflussen. Daher scheint der Augenblick gekommen, diesen Themenbereich zu erkunden und nach Überschneidungen zwischen terrestrischer und Weltraum-Architektur für mögliche abgeleitete Anwendungen (Spin-in und Spin-off) zu suchen.

Unter Einsatz spezieller Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Raumforschung und/oder Bionik (Biomimetik) wurden im Jahr 2004 auf Grundlage eines wissenschaftlich-technischen Konzepts durch die Abteilung Hochbau (HB 2) fünf unterschiedliche Architekturprojekte entwickelt.

Das Architekturdesignprojekt „Transformation: Struktur/Raum“ (Sommersemester 2004, TU Wien, Abteilung Hochbau) wurde als eine Reihe experimenteller Konzepte zur Untersuchung von Überschneidungen zwischen den beiden Architekturbereichen definiert. Das Projekt fand die Unterstützung von Experten, die in wissenschaftlichen und technischen Bereichen für Institutionen oder Organisationen wie etwa Alenia Spazio, Italien, die Europäische Weltraumbehörde, Institut für Biomimetik, Großbritannien, etc. in interdisziplinärer Weise tätig sind. Die Bionik diente als Topos zur Konzeptumsetzung in der Projektgestaltung:

Lehren aus der Natur für technische Anwendungen ziehen. Der Kosmos wurde nicht nur als Beobachtungsraum zur Einbindung in architektonische Entwürfe, sondern auch als Raum für von der Erde ausgehende Projektionen betrachtet.

PROJEKTSTRUKTUR UND METHODIK

Beim Projekt „Transformation“ dienten Vorstudien in bestimmten Bereichen sowie Vorträge der Lehrenden und eingeladener Redner als zusätzliche Vorbereitung. Ein Besuch bei Alenia Spazio in Turin zusammen mit allen teilnehmenden Studierenden erhöhte den Kenntnisstand der Studierenden und schloss mit einer Präsentation der Projektkonzepte vor einer Jury ausgewählter Experten ab.

Die Vorstudien umfassten Forschungsthemen für jeden Studenten; Diese wurden innerhalb des Kreises offen präsentiert, um es den Studierenden zu ermöglichen, voneinander zu lernen. Durch diese Untersuchungen wurden die Studierenden zu ihren Projekten und Konzeptentwicklungen angeregt. So wurden auch verschiedene Missionsszenarien auf Grundlage früherer Forschungen erarbeitet; Folgende Szenarien wurden erstellt:

- Fallstudie 1: Raumloggia (Entwurfsprojekt: Stefano Caneppele)
- Fallstudie 2: Mondbasenteleskop (Entwurfsprojekt: Thomas Brand)
- Fallstudie 3: Mondbasenerweiterung: Habitat für eine Person (Entwurfsprojekt: Alessandro Perinelli)
- Fallstudie 4: Raumschiff Mars+ (Entwurfsprojekt: Melanie Klähn, Thomas Frings)

- Fallstudie 5: Mobiles Mars-Habitat – Mars-Erkundungsfahrzeug Flex-Triangle (Entwurfsprojekt: Thomas Reichart)

PROBLEMDARSTELLUNG

Das Thema der Transformation scheint in der gegenwärtigen Architekturdiskussion über performativen Raum und Animation an vorderster Stelle auf, wird aber auch immer öfter in der Raumfahrtindustrie aufgegriffen. Ein Blick auf neue Konzepte intelligenter Robotik, das neue ExoMars-Erkundungsfahrzeug der ESA oder die US-Marsfahrzeuge Spirit und Opportunity zeigt uns, dass Modelle mit anderem (z. B. natürlichem) Hintergrund erfolgreich eingesetzt werden. Im Rahmen des in diesem Beitrag vertretenen Projektansatzes könnte Transformation etwa für Folgendes stehen:

- Transformation von Konzepten aus Natur, Wissenschaft, Kunst etc. in Architektur
- Transformation von Methodologien eines Berufsfeldes in ein anderes
- Transformation einer Idee in einen gebauten Raum

Dem Entwurfsprojekt ging eine ausgedehnte Forschungsphase voraus. Mehrere Themen wurden den Studierenden als Forschungsoptionen vorgeschlagen. Die Gesamtheit der gesammelten, verarbeiteten und ausgetauschten Informationen sollte die Grundlage für die Entwicklung architektonischer Konzepte bilden. Zu den Themen zählten etwa grundlegende Informationen über die Gestaltung von Weltraumsystemen, z. B. Leben und Bauen im schwerelosen Raum (ISS/MIR) oder auf dem Mars/Mond, abgeleitete interaktive Anwendungen verschiedener terrestrischer und Weltraumtechnologien sowie ein weiteres in der Rauminterpretation eingesetztes Konzept, die erweiterte Realität. Die Themen umfassten:

- Leben und Arbeiten im Weltraum: Was sind die Grenzbedingungen, wie kann im Raum gebaut werden, wie sieht das Alltagsleben aus?
- Erweiterte Realitäten: Ein Ansatz für Architektur im Weltraum, den zeitgenössischen Architekturdiskurs, seine Implikationen und Umsetzungen, die Raumtechnologisierung.

Fortsetzung von Seite 9

Die „Naturthemen“ wurden aus den viel versprechendsten Ansätzen der Lehrveranstaltung „Bionik – Natürliche Konstruktionen“ ausgewählt:

- Faltechniken und aufblasbare Habitats für den Weltraum
- Natürliche Materialien für extreme Bedingungen
- Ortsveränderung in der Natur
- Antriebsmethoden in der Natur
- Robotik – funktionelle Morphologie und Sensoren
- Selbstorganisationsprinzip und mögliche technische Anwendungen

Die Ergebnisse der Analyse wurden auf derzeit viel diskutierte Themen der Weltraumarchitektur angewendet:

- Aufblasbare Habitats
- Humanfaktoren bei Langzeitmissionen und deren Einbeziehung in die Gestaltung von Raumhabitats
- Mensch/Maschine-Schnittstellen
- Spin-in/Spin-off-Übertragung terrestrischer Bautechniken in den Weltraum (Suche nach Wasserquellen, Mineralien, Überleben durch Nutzung von Bodenressourcen) und Anwendung von Raumfahrttechnologien auf die terrestrische Bauindustrie (Katastrophenhilfe)

Die Entwürfe umfassten einen oder mehrere der oben genannten Themenbereiche. Fünf Fallstudien werden kurz vorgestellt, um einen Überblick über die Projektergebnisse zu liefern und Resultate und Schlussfolgerungen zu umreißen.

FALLSTUDIE 1: RAUMLOGGIA

Das Projekt Raumloggia entwirft eine Astronautenlounge als Freizeit- und Entspannungsbereich im Raumschiff. Das Gefühl, sich im Weltraum zu befinden, ist stärker als in einem herkömmlichen ISS-Modul. Die Erde ist dabei das Bezugsobjekt; Sie zu sehen, vermittelt ein Gefühl der Orientierung und Zugehörigkeit.

Die Herausforderung des Projekts besteht darin, eine transparente Außenhaut herzustellen, die extremen Umweltauflagen widersteht, z. B. Mikrometeoroiden, Strahlung und Temperaturveränderungen. Das Konzept schlägt eine Mehrschichtstruktur aus Gelatine- und Glas- bzw. Kunststoffstrukturen vor. Im Ausgangsszenario werden die Fenster (biologische Membran) der Loggia durch eine Flüssigkeit wie z. B. Wasser „genährt“, wodurch die Mehrschichtmembran funktionsfähig gehalten wird.

FALLSTUDIE 2: MONDBASENTELESKOP

Das Projektkonzept beruht auf der NASA-Vertragsstudie für ein Mondteleskop von Mike Duke und Paul van Susante (Colorado School of Mines). Ein astronomisches Observatorium – einschließlich eines per Seilbahn erreichbaren Habitats – soll auf dem Mondsüdpol errichtet werden. Das Teleskop soll im Shackleton-Krater aufgestellt werden, wo es nie vom Sonnenlicht erreicht würde. Auf dem Kraterrand würde eine Solarstromgenerator situiert; Ein Habitat für die Wartung des Teleskops befände sich auf der gegenüber liegenden Kraterseite.

Eine Gruppe von Teleskopen würde, innerhalb des Shackleton-Kraters miteinander verbunden, an ein Interferometer angeschlossen und vor Sonneneinstrahlung geschützt. Es befände sich also unter ausgezeichneten Betriebsbedingungen, da diese Instrumente kühl gehalten werden müssen. Die beobachteten Wellenlängen könnten von UV- und Röntgenstrahlung bis zu sichtbarem Licht und Mikrowellen reichen.

Entlang der Seilbahntrasse wird eine Infrastrukturzone einschließlich mehrerer Habitats vorgesehen. Leichter Zugang zum Teleskop kann gesichert werden. Frachtlieferungen von der Erde landen einige Kilometer von der bewohnten Zone entfernt und können mittels Seilbahn zur Basis oder direkt zum Krater verbracht werden. Die erste bemannte Mondbasis hat Platz für sieben bis acht Besatzungsmitglieder. Das Raumprogramm der bewohnten Zone umfasst Gemeinschafts- und Privatbereiche, Labor- und Arbeitszonen sowie Lagerräumlichkeiten. Die Gemeinschafts- und Privatbereiche bestehen aus den Quartieren der Besatzung, Ausbildungs- und Hygieneeinrichtungen sowie der Kantine mit Kommunikations- und Freizeitzonen. Die lebenserhaltenden Systeme wären Teil der Gesamtstruktur mit einem Schwerpunkt auf leichter Zugänglichkeit für Wartungszwecke. Aus wissenschaftlichen Gründen und zur Nahrungsergänzung wurde ein Gewächshaus vorgesehen. Notfallinfrastruktur und -systeme wurden integriert. Der Entwurf der Gesamtstruktur wurde durch den menschlichen Blutkreislauf inspiriert.

FALLSTUDIE 3: MONDBASENERWEITERUNG: HABITAT FÜR EINE PERSON

Dieses Projekt beruht auf einer extremen Annahme – dass nämlich eine Person sechs Monate lang vollkommen alleine und autonom auf der Mondoberfläche lebt und arbeitet. Als Habitat dient eine mobile Basis mit relativ niedrigem Stromverbrauch, geringem Ressourcenmanagement, einfacher Basisanlage, Strahlenschutz und einem ausgezeichneten Kommunikationssystem. Die Mission besteht darin, Wassereis, Helium 3 und andere Mondressourcen mit Unterstützung der Robotiksysteme (z. B. eines unbemannten Erkundungsfahrzeugs) aufzuspüren. Dieses Missionsszenario ist in einem hoch experimentellen Kontext zu sehen, der sozialpsychologische Aspekte aufgreift, um mehr Kenntnisse über Langzeitmissionen zu gewinnen. Isolation, Deprivation und psychologische Stressoren wie Klaustrophobie, Schlaflosigkeit und Depression sind in ähnlichen Missionen unter extremen Weltraum- und Erdbedingungen wohl bekannt. Die Notwendigkeit eines hoch effizienten Mensch/Mensch-Kommunikationssystems mit Virtual-Reality-Vorrichtungen zur Erweiterung der Wahrnehmung in einem physisch begrenzten Raum ist in der

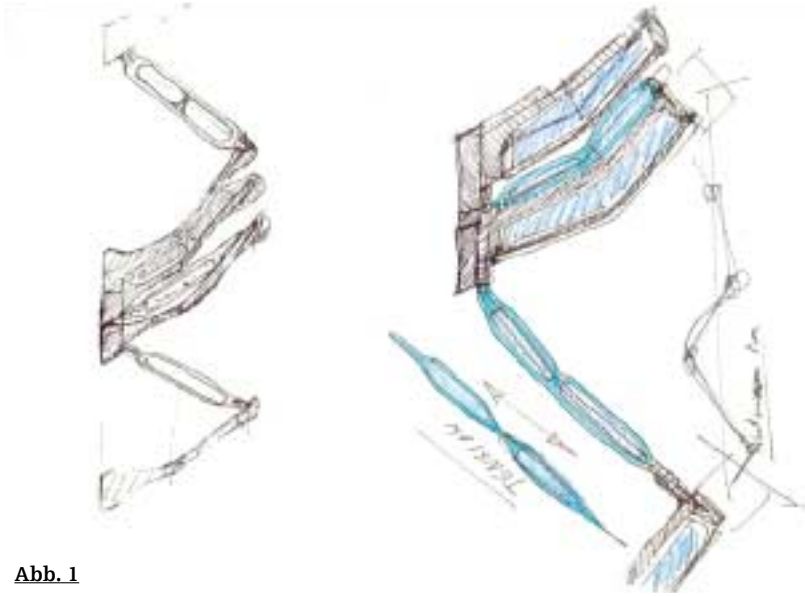


Abb. 1

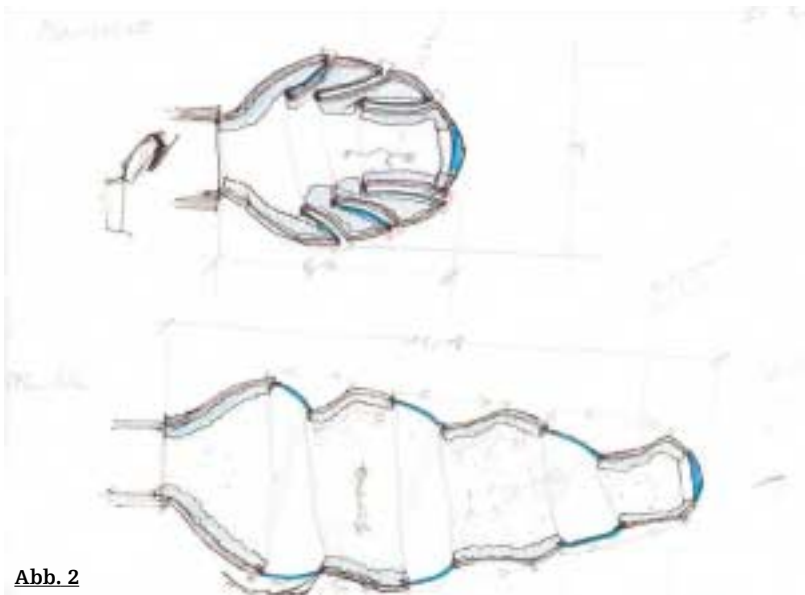


Abb. 2

Abb. 1: Fallstudie 1: Raumloggia – Konzeptskizze der Membran

Abb. 2: Konzeptskizze der Ausdehnung der Raumloggia

Abb. 3: Fallstudie 2: Mondbasenteleskop – Schema eines Habitatmoduls auf dem Plan

Abb. 4: Schema des erweiterten Habitatmoduls auf dem Plan

Abb. 5: Schema eines Habitatmodulteils

Visualisierungen: HB 2, Abt. Hochbau, TU Wien

Anlage der Basis zu berücksichtigen, damit Personen den sechsmonatigen Aufenthalt tatsächlich meistern können.

Aus diesem Grund ist ein Kommunikationssystem für Fernbetrieb, Navigation und zur Abdeckung der physiologischen und psychologischen Humanbedürfnisse umzusetzen. Das reale Raumangebot wird um einen virtuellen Raum erweitert. Der reale Raum besteht aus einer flexiblen Außenhaut, die auf der Innenseite verändert werden kann und verschiedene Raumordnungen zulässt, falls dies möglich und sinnvoll erscheint. Der virtuelle Raum hat eine technische Schnittstelle mit zahlreichen LED- und LCD-Konsolen, welche in die flexible Außenhaut integriert sind. Diese Haut passt sich an jede Art von Kontakt an, die nötig oder möglich ist, um auf die Bewegungen oder Stimulation des Nutzers zu reagieren. Sie bietet also ein komplettes Kommunikationsumfeld. Der Nutzer trägt eine Ausrüstung, die seine genaue Position innerhalb des Habitats definiert und es dem System erlaubt, auf die Nutzerposition und emotionale Verfassung zu reagieren bzw. zu interagieren.

Nicht nur der Nutzer oder das automatisierte System wären in der Lage, die Umwelt zu transformieren, sondern auch Personen von der Erde aus, etwa Familienmitglieder oder Freunde. Realzeitbilder, -sprache und -hautbewegungen bilden das Kommunikationshabitat und ermöglichen die Integration des Nutzers in einen größeren sozialen Kontext. Von unserem Heimatplaneten aus gesehen, lässt das erweiterte Habitat eines Raumschiffs oder einer Planetenoberfläche die aktive Teilhabe des Nutzers am dreidimensionalen Raum ebenso zu, wie es die Verbindung des Astronauten mit der Heimat ermöglicht.

FALLSTUDIE 4: RAUMSCHIFF MARS+

Dieses Gestaltungs- und Forschungsprojekt beruht auf drei zentralen Konzeptideen: Zu einer Architektur neuer Paradigmen zu gelangen, die nicht nur aus spezifischen Missionszielen und Umweltbedingungen abgeleitet ist, sondern auch aus experimentellen Architekturformen, die terrestrische Stereotypen hinter sich lassen; Die Vorteile zu erkennen und zu nutzen, die sich aus dem Leben im schwerelosen Raum ergeben, und künstliche Schwerkrafteinrichtungen für Langzeitmissionen vorzusehen; Einen Innenraum für menschliche Bedürfnisse in einer Maschine – dem Raumschiff – für ein Umfeld zu schaffen, das seine Bewohner ständig mit Reizen versorgt, um so einen Gefühls-, Wohn- und Lebensraum zu erzeugen.

Dem Projekt liegt folgendes Missionsszenario zu Grunde: Der Mond ist seit 2045 besiedelt, seine Ressourcen werden abgebaut und direkt an der Oberfläche verarbeitet. Im Jahr 2075 hat die Erforschung des Mars den nächsten Schritt erreicht, und die Menschheit hat eine ständige Forschungsstation auf dem Mars errichtet. Daher sind neue Transporttechnologien für den Austausch von Besatzungen und Nachschub gefragt. Die erforderlichen Raumschiffkomponenten werden auf der Mondoberfläche erzeugt und in der Mondumlaufbahn zusammengebaut. Von dort aus startet das Raumschiff mit einer achtköpfigen Besatzung zum Mars.

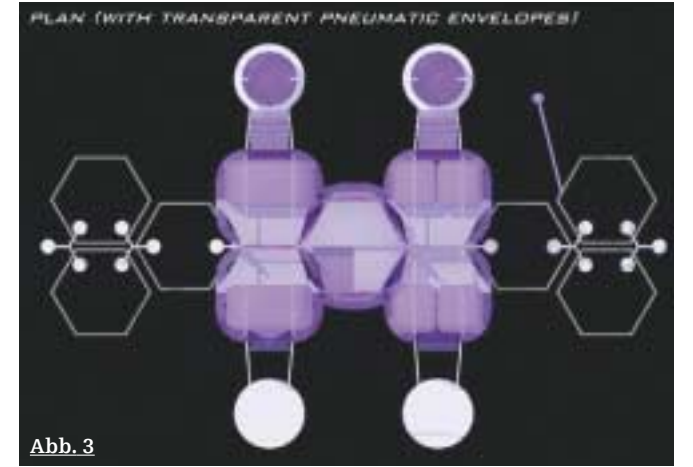


Abb. 3

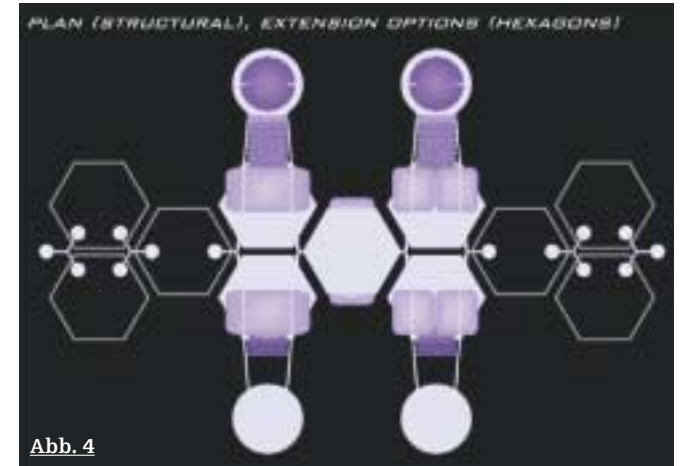


Abb. 4

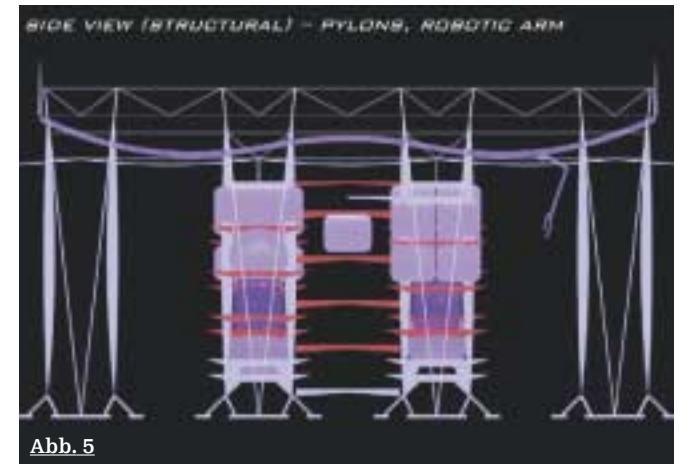


Abb. 5

Das Leben im schwerelosen Raum widerspricht dem menschlichen Bedürfnis, da die Schwerkraft eine Voraussetzung der menschlichen biologischen Physiologie darstellt. Es kann also als Problem, aber auch als große Chance begriffen werden. Die Wahrnehmung des schwerelosen Raums definiert Innenräume und Innendimensionen ganz neu und stellt die Raumschiffarchitektur vor eine große Herausforderung.

Der vorgeschlagene Entwurf greift fortschrittliche Antriebs- und Strahlenschutztechnologien sowie eine Architektur auf, welche die Räume des Habitats in einem funktionellen Zyklus – analog einem biologischen Kreislaufsystem – miteinander verbindet.

Die primären technischen Antriebskräfte sind in die architektonische Anlage ebenso integriert wie andere, gleichermaßen wichtige Antriebskräfte (z. B. sozialpsychologische Stressoren), d. h.:

- Das menschliche Bedürfnis nach Gemeinschaft, Kommunikation und Nähe sowie – in direktem Gegensatz dazu – das Bedürfnis nach Privatsphäre, Meditation und Individualität
- Raumqualitäten, die sich aus der Erforschung, Evaluierung und Interpretation des Umstandes ergeben, dass eine Reise zum Mars mehrere Monate dauert – eine lange Zeit, die fern der Erde wie eine Ewigkeit erscheinen mag
- Die scheinbar unmerkliche physische Bewegung des Raumschiffs – Zeit und Entfernung
- Das Fehlen äußerer Einflüsse wie Veränderungen des Wetters oder der Tageszeit

Der Biorhythmus und Veränderungen des architektonischen Rahmens (der Atmosphäre) werden durch eine ständige Abfolge innerer Umordnungen mittels einer Form der Kommunikation zwischen Besatzung und Raumschiff ermöglicht. Dies sollte die Lebenserfordernisse der Besatzung widerspiegeln und sich nicht auf eine Anpassung des Raumvolumens (je nach Anzahl der Beteiligten) beschränken, sondern auch die Bedingungen des Alltagslebens reflektieren.

FALLSTUDIE 5: MOBILES MARS-HABITAT – ERKUNDUNGSFAHRZEUG FLEX-TRIANGLE

Das Szenario definiert eine kleine Marsbasis auf einem Plateau des Planeten im Jahr 2040. Die Forscher sind in dieser Basis untergebracht und starten von hier aus zur Erforschung von Regionen von wissenschaftlichem Interesse – die Berge und Täler des Mars. Für diese Exkursionen in die extreme Marstopografie wird die neue mobile Basis eingesetzt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Erkundungsfahrzeugen, die durch eine begrenzte Anzahl von Rädern bewegt werden, bewegt sich hier die gesamte Struktur wie ein einzelliger Organismus. Die Struktur des mobilen Habitats besteht aus dreieckig angeordneten Verstrebungen, die in der Bewegung ihre Länge verändern. Die Verbindungsknoten lassen Verformung durch Veränderung der Winkel zu, um auch auf extrem rauem Terrain stets den bestmöglichen Kontakt mit der Planetenoberfläche sicherzustellen.

Die erste wichtige, der Natur entlehene Idee liegt in der Art der Bewegung, d. h. durch Verformung der flexiblen Dreiecksstruktur. Jeder Teil der Struktur kann seine Länge verändern –



Abb. 7



Abb. 8

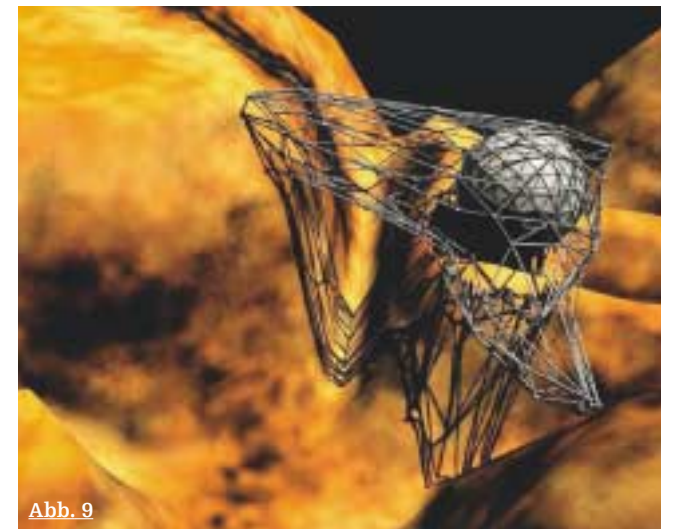


Abb. 9



Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12

Abb. 6: Fallstudie 3: Mondbasenerweiterung, Habitat für eine Person – Reale/virtuelle Aktivitäten auf der Einperson-Mondbasis. **Abb. 7:** Konzept der flexiblen Außenhaut der Einperson-Mondbasis. **Abb. 8:** Fallstudie 5: Mobiles Marshabitat, Marserkundungsfahrzeug „Flex-Triangle“ – Nahaufnahme einer Studie der Außenhaut des Erkundungsfahrzeugs. **Abb. 9:** Bewegung des Habitats auf der Marsoberfläche. **Abb. 10:** Fallstudie 4: Raumschiff Mars+ – Detailansicht (links: Zentrifuge mit Mini-Labormodulen/weiße Kuben, mitte rechts: Induktion für Strahlenschutz, oben rechts: Kalte Fusion als Antriebsquelle). **Abb. 11:** Frühes strukturelles Arbeitsmodell des zentralen Null-G-Bereichs – das Herz des Raumschiffs – Gemeinschaftsbereich. **Abb. 12:** Innenanlage neben den Quartieren der Besatzung; Orientierung wie in der ISS. Visualisierungen: HB 2, Abt. Hochbau, TU Wien

wie die Muskeln einer Schlange oder eines Wurms. Eine zweite bionische Idee ist die Anordnung der Innenstruktur (lebenserhaltende Systeme, Cockpit, Lagerraum, Experimente) als kompakte Teile auf der sich verformenden flexiblen Dreiecksstruktur. In gewisser Weise ähnelt dies der Anordnung und Verankerung von Organen im menschlichen Körper. Drittens ist der Wechsel der Form ebenfalls eine natürliche Strategie, um möglichst effizient eine optimale Leistung zu erzielen.

DISKUSSION

Der dem Projekt Transformation innewohnende Prozess unterschied sich signifikant von herkömmlichen Entwürfen für Architekturprojekte: Die Studierenden waren längere Zeit mit der Suche nach logischen Szenarien beschäftigt, da die allgemeine Projektanordnung ja offensichtlich für die Zukunft konzipiert war. Hier ergab sich die Frage nach den verfügbaren Technologien: Welche Annahmen können wir für relevante Zukunftstechnologien in der Raumfahrt treffen? Was könnten die Kriterien für die korrekte Auswahl bestimmter Technologien sein, die weitere Missionsszenarien und die Projektgestaltung definieren? Mit Hilfe der Fachleute des ESA-Teams für fortschrittliche Konzepte (Advanced Concepts) konnten die meisten der sich ergebenden Fragen beantwortet werden.

Projekte wie Transformation müssen interdisziplinär entwickelt werden. Zur Stärkung dieses Ansatzes sollten wissenschaftliche Informationen leichter für die interdisziplinäre Nutzung zugänglich gemacht werden. Dies würde es anderen Disziplinen ermöglichen, spezielles Know-how von einer Disziplin in eine technische Anwendung umzusetzen.

Eine weitere interessante Beobachtung ergab sich im Laufe des Entwurfsprozesses: Die ursprünglich erforschten Themen Bionik und Biomimetik – wie etwa natürliche Materialien für extreme Bedingungen, Ortsveränderung oder Antriebsmethoden – dienten als Ausgangspunkt. Nach abgeschlossener Entwicklung des Hauptkonzepts und mit Beginn der Ausarbeitung desselben traten jedoch ganz andere, neue Probleme zu Tage (interessanterweise im Zusammenhang mit bionischen Lösungsansätzen), was wiederum weitere Forschungsarbeit erforderlich machte. So begannen neue Untersuchungen. In diesem iterativen Prozess entwickelten sich das Missionsszenario und die Gestaltungsprojekte.

Der Prozess der ständigen Suche ohne die Erwartung bestimmter Ergebnisse ist in der Entwicklung architektonischer Entwürfe wohl bekannt, wird aber selten angewendet. Unser Versuch mit dem Projekt Transformation führte zu unvorhergesehenen und unkonventionellen Konzepten, obwohl die Vorgehensweise zuerst ziellos und ungeordnet erschien. Die Entwürfe entwickelten sich an der Schnittstelle wissenschaftlicher Forschung, experimenteller architektonischer Ansätze und des konkreten Programms.

Die fünf Fallstudien konzentrierten sich auf mehrere Aspekte, deren wichtigste nachstehend beispielhaft beschrieben werden: **1. Interpretation eines der Natur entliehenen Modells:** In der Fallstudie Raumloggia nimmt ein großes Fenster mit Blick auf die Erde, bestehend aus einer mehrschichtigen Membran, Bezug auf natürliche, transparente Haut. Nur die Anforderungen an die

Fenstermaterialien sind bekannt. Das Szenario nimmt deshalb an, dass diese Materialien in Zukunft existieren werden, weil Glas, Plexiglas, Aerogels und ihre Komposita bereits in wesentlichem Ausmaß weiterentwickelt werden.

2. Gesamtkonzept eines komplexen Systems: Im Projekt Raumschiff Mars+ spielt der Biorhythmus der Besatzung eine große Rolle, da er im „Verhalten“ des Raumschiffs umgesetzt wird. Dies impliziert auch, dass die Außenhaut des Raumschiffs anpassungsfähig und reaktiv sein muss. Das Fehlen äußerer Einflüsse wie Veränderungen des Wetters oder der Tageszeit wird neu interpretiert und in die Technologie des Raumschiffs eingebunden. Die Anlage des Raumschiffs insgesamt wird analog einem Organismus interpretiert, was den Raum, die Anordnung von Funktionsorganen, Verteiler- und Kreislaufsysteme beeinflusst.

Eine weitere interpretierte Analogie zeigt sich im Konzept für das Mondbasenteleskop. Der Masterplan beruht vor allem auf einem Seilbahnsystem, das als wesentliche Verbindungsinfrastruktur dient, analog zu Versorgungsnetzen für lebende Systeme.

3. Sichtbarkeit der Technologie: Im Projekt Mondbasenerweiterung wird Technologie durch die menschlichen Sinne erfahrbar, anstatt unsichtbar zu bleiben. Technologie wird interpretiert und daher leichter wahrnehmbar. Die Kommunikation mit anderen Menschen und Maschinen entwickelt und erweitert ein externes Umfeld, das – wird es lediglich konventionell erfahren – der für die Erde typischen Komplexität ermangelt. Neue, erweiterte, sich überschneidende reale und virtuelle Räume entwickeln sich und fördern die menschliche Überlebensfähigkeit in isolierten und eng begrenzten Räumen.

4. Bewegung: In der Fallstudie zum Flex-Triangle wurden Bewegung und Art der strukturellen Verformung natürlichen Modellen entnommen und im Konzept für ein bewohnbares Marsfahrzeug umgesetzt. Die strukturellen Komponenten weisen Analogien mit Tierskeletten und bewegten Gelenken auf; Von der Konstruktionsseite her bleibt das Projekt jedoch auffallend mechanisch.

Mit weiter gehenden, intensiveren Untersuchungen der wissenschaftlichen, technischen und materiellen Aspekte würden sich zusätzliche Diskussionsthemen ergeben. Das Projekt Transformation ist ein offenes Architektur-Forschungsprojekt, das potenziell zu vielen weiteren wichtigen Ergebnissen führen kann.

SCHLUSSFOLGERUNG

Zukünftige Habitats – auf der Erde wie im Weltraum – werden die technischen Fortschritte ihrer Zeit praktisch umsetzen. Struktur, Form und Art des Lebens in solchen „Bauten“ werden sich radikal verändern. Innovativer Input und neue Konzepte sind also gefragt. Die Einbeziehung der Bionik liefert Endnutzern viele Vorteile im Rahmen der gestalteten Systeme. Existierende und evolutionär effektive Bedingungen, Prozesse und Prinzipien dienen als Modelle für technologisierte Interpretationen und Umsetzungen. Insbesondere in der Robotik entwickeln zahlreiche renommierte Institutionen wie das MIT (Massachusetts Institute of Technology) derzeit Erkundungsfahrzeuge auf Grundlage natürlicher Konzepte. Schließlich wird der bionische Ansatz zu wirtschaftlicheren Lösungen führen, da Energieeffizienz ein Hauptziel der Natur darstellt.

In diesem Kontext war das Projekt Transformation das erste seiner Art im Rahmen der Architektur und Entwicklung von Welt-

raumhabitaten. Allgemeine Ansätze und Konzepte zukünftiger Strukturen für menschliche Siedlungen im Weltraum müssen auf neuen Paradigmen für die Abwicklung von Weltraumprojekten sowie auf Interesse und Unterstützung durch die Öffentlichkeit (Kommerzialisierung), einem wirtschaftlichen Konzeptansatz, allgemeiner Experimentierbereitschaft und vielen anderen Faktoren sowie schließlich auf einer größeren, umfassenderen Vision fußen. Das Projekt „Transformation“ ist eindeutig ein kleiner Schritt hin zu einem Paradigmenwechsel.

LITERATUR

- Adams, C.: The Human System as a Primary Driver in Long-Duration Vehicle Architecture. Life Support and Biosphere Science, Bd. 7, Nr. 1, 2000. S. 97
- Bogner, D.: Friedrich Kiesler, The Endless House. Böhlau, Wien 1997, S. 140
- Beukers, A.; van Hinte, (Hrsg.); 010 Publishers (Hrsg.): Lightness. The inevitable renaissance of minimum energy structures. 010 Publishers, Rotterdam 1998
- Connors, M., Harrison, A.: Living Aloft. Human Requirements for Extended Spaceflight. Government Printing Office 1985
- Daniels, K.: Low-Tech Light-Tech High-Tech. Bauen in der Informationsgesellschaft. Birkhäuser Verlag, Basel 1998
- Fuller, R. B., Krause, J. (Hrsg.): Bedienungsanleitung für das Raumschiff Erde. Rowohlt TB Verlag, Reinbek bei Hamburg 1973
- Gordon, J. E.: Strukturen unter Stress. Spektrum der Wissenschaften Verlagsges. m. b. H. & Co., Heidelberg, 1989
- Gruber, C.: Leben und Arbeiten im All. Wissenschaft und Technik Verlag, Berlin 1996
- Gruber, P.: Bionik – Natürliche Konstruktionen. Vorlesungsband, Abteilung Hochbau HB 2, TU Wien 2001
- Harrison, A.: Spacefaring – The Human Dimension. Regents for the University of California 2001
- Imhof, B., Mohanty S.: Transcripts of an architectural journey – Musings towards a new genre in space architecture, Adams, C., Häuplik, S., Stiefel, H., Fairburn, S., Kunst: Bundeskanzleramt, Wien 2004
- Larson, W., Franke, L. et al.: Human Spaceflight. Mission Analysis and Design. McGraw Hill, Space Technology Series, 1999
- Lebedew, J. S.: Architektur und Bionik. Verlag MIR, VEB Verlag für Bauwesen, Moskau-Berlin, Erstaussgabe 1983
- Lynn, G.: Animate Form. Princeton Architectural Press, NY 1999
- Nachtigall, W.: Bionik. Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1998
- Oosterhuis, K.: Architecture Goes Wild. 010 Publishers, Rotterdam 2002
- Patzelt, O.: Wachsen und Bauen. Konstruktionen in Natur und Technik. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 2. Ausgabe 1974
- Portoghesi, P.: Nature and Architecture. Skira Editore, Mailand 2000
- Teichmann, K., Wilke, J. (Hrsg.): Prozess und Form „Natürlicher Konstruktionen“. Der Sonderforschungsbereich 230, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin 1996

Kontakt:

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Petra Gruber
TU Wien, HB 2, Institut für Architektur und Entwerfen
Karlsplatz 13/253-5, 1040, Wien
hotpen, Zentagasse 38/1, 1050, Wien
E-Mail: petra@hotpen.com, gruber@hb2.tuwien.ac.at
Univ. Ass. Mag. arch. Barbara Imhof
TU Wien, HB 2, Institut für Architektur und Entwerfen
Karlsplatz 13/253-5, 1040, Wien
LIQUIFER, Große Mohrengasse 38/1, 1020, Wien
E-Mail: bimhof@liquifer.at, imhof@hb2.tuwien.ac.at