

Die bioreaktive Fassade

Martin Pauli aus Berlin beschäftigt sich mit hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen aus Photobioreaktoren als Energieerzeugungssystem. Bei der Prototyp-Fassade verwendete er Flächenelemente aus Metall und Glas. Text und Bilder: Arup, SSC, Colt

Warum sich ein Architekt mit Photosynthese auseinandersetzen muss? Martin Pauli von Arup Deutschland GmbH, Berlin, beschäftigt sich mit hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen aus Photobioreaktoren als Energieerzeugungssystem. Das Projekt «BIQ – das Algenhaus – The Clever Treefrog», das 2013 vom Planungsteam um Architekturatelier Splitterwerk und Ingenieurbüro Arup im Rahmen der IBA Hamburg präsentiert wurde, zeigt weltweit das erste Wohngebäude mit einer Bioreaktorfassade als Teil des regenerativen Energiekonzepts.

Forschungsstand

In plattenförmigen, an den Fassaden angeordneten Glaselementen werden Mikroalgen gezüchtet, die durch Photosynthese und Solarthermie Biomasse und Wärme produzieren. Martin Pauli, Projektmanager des Monitorings der Bioreaktorfassade, präsentiert eine Zusammenfassung des Forschungsstands des geförderten Projekts.

«Als ich vor einigen Jahren bei Arup anfang, befand ich mich plötzlich in ungewohnten Gefilden. Ich musste mich als Architekt mit Algen auseinandersetzen – besonders mit dem Aspekt der Photosynthese», leitet Martin Pauli ins Thema ein. «Algen zählen zu den erneuerbaren Energien. Die Biomasse der Mikroalgen ist ein äusserst effektiver Energieträger – Algen wachsen zehnmal schneller als jede andere Pflanze. Zum Betreiben der Photosynthese benötigt die Alge Licht, CO₂ und einige Nährstoffe. Dadurch vermehren sich die Algen und die abgeerntete Biomasse kann zur Energieerzeugung genutzt werden.»



Getrocknete Grünalgen
Algues vertes séchées

Projektbeteiligte Idee, Konzeption:

SPLITTERWERK, Label for Fine Arts and Engineering, Graz
Arup Deutschland GmbH, Berlin
B+G Ingenieure Bollinger und Grohmann GmbH, Frankfurt
IMMOSOLAR GmbH, Hamburg

Architektur:

SPLITTERWERK, Label for Fine Arts and Engineering, Graz

Produktentwicklung Solar Leaf:

Arup Deutschland GmbH, Berlin
Strategic Science Consult GmbH (SSC), Hamburg
Colt International GmbH, Kleve

Förderung:

Forschungsinitiative Zukunft Bau

Die Idee

Der Anteil der erneuerbaren Energien liegt momentan noch bei 12%, innerhalb dieses Anteils macht die Biomasse mit 8,2% einen grossen Part aus. Dies war für die Beteiligten die Prämisse, sich in einem Forschungsprojekt auf Algen zu konzentrieren und diese als Energieerzeuger in das Gebäude integriert wachsen zu lassen. Die bisherigen Ansätze, Algen zu ernten, beziehen sich auf die horizontale Fläche sowie auf Röhrenkollektoren. Hier ist man bereits in der Lage, Algen zu kultivieren und abzuernten. Die Innovation des neuen Ansatzes lag darin, die Anlage nicht in der Horizontalen anzuordnen, sondern in der Vertikalen, integriert in die Gebäudefassade. Martin Pauli reflektiert diesen Ansatz jedoch durchaus auch kritisch: «Selbstverständlich muss man sich an dieser Stelle die Frage nach den baukulturellen Auswirkungen stellen. Was bedeutet es für unsere Städte, wenn Fassaden nun mit «grünem Blubber» überzogen sind? Als Architekt bin ich bestrebt, den Fokus auch auf die Ästhetik zu legen. In der nahen Zukunft werden wir das System so weiterentwickeln müssen, dass Architekten und Designer das System adaptieren und gestalterisch anpassen können.»

Das Konsortium

Aus der Idee heraus, Algen an der Fassade zu kultivieren, bildete sich ein Konsortium bestehend aus Arup als Entwickler, Colt International GmbH als Fassadenbauer und SSC Strategic Science Consult als Experte für die Algentech-

CONSTRUCTION DE FAÇADES

Une façade bio-réactive

Le Berlinois Martin Pauli s'occupe de structures de façades ventilées composées de volets bio-réactifs constituant un système de production d'énergie. Pour son prototype de façade, il a fait appel à des éléments plats en verre et métal.

Pourquoi un architecte devrait-il se préoccuper de photosynthèse ?

Martin Pauli, du cabinet berlinois Arup Deutschland GmbH, s'occupe de structures de façades ventilées composées de volets bio-réactifs constituant un système de produc-

tion d'énergie. Le projet BIQ – das Algenhaus – The Clever Treefrog a été présenté en 2013 par l'équipe de planification constituée autour des architectes de Splitterwerk et des ingénieurs d'Arup à l'occasion de l'IBA de Hambourg il constitue le

premier immeuble d'habitation au monde doté d'une façade bio-réactive permettant un système de régénération de l'énergie.

Etat de la recherche

Des panneaux vitrés plats, disposés

sur la façade, abritent des cultures de micro-algues qui produisent de la biomasse et de la chaleur par photosynthèse et grâce à la chaleur du soleil. Martin Pauli, responsable du projet de suivi de la façade bio-réactive, présente une synthèse des



Das Wohnhaus «BIQ» in Hamburg mit der prototypischen Algenfassade.

L'immeuble « BIQ » à Hambourg, avec son prototype de façade d'algues.

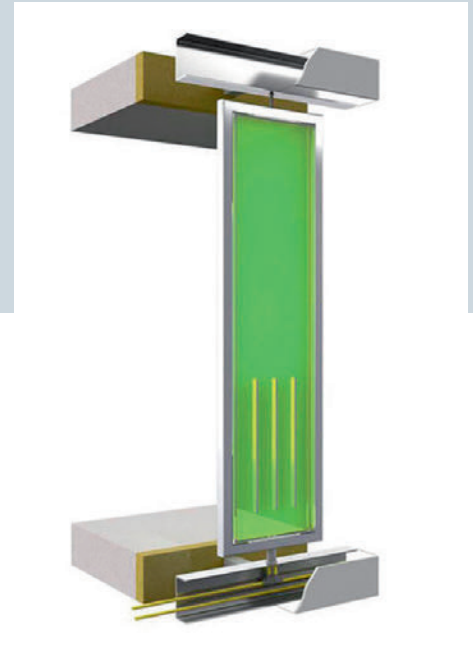


Die bioreaktive Fassade besteht aus 129 Glaspaneelen. La façade bio-réactive se compose de 129 panneaux vitrés.



Bei hoher Sonneneinstrahlung steigt die Konzentration der Algendichte im Medium, dadurch wird es undurchsichtig und fast giftgrün.

Lorsque le rayonnement solaire est important, la concentration en algues dans le support augmente, et ce dernier devient opaque et prend une coloration vert vif.



Rendering des Paneelaufbaus. Simulation de la structure des panneaux.

nologie. Gefördert wurde das Projekt von der Forschungsinitiative Zukunft BAU. «Durch einen glücklichen Umstand wurde ein Investor gefunden, der den Schritt von der Idee zum realen Produkt mitging. Dieser war risikofreudig genug, die prototypische Fassade im Rahmen eines IBA-Projekts in Hamburg an einem Wohnhaus zu testen. Zu Projektbeginn konnte niemand vorhersagen, ob die Mieter das Algenhaus akzeptieren oder ob die Hemmschwelle zu hoch sein würde», erläutert Pauli.

Das System

Die bioreaktive Fassade besteht aus 129 Glaspaneelen, die von einem Aluminiumrahmen umfasst sind. Im Inneren befindet sich ein flüssiges

Trägermedium mit den Algen. Die Paneele sind zentrisch gelagert, sie sind nachführbar und können als adaptives Verschattungssystem funktionieren. Sie wurden als Sekundärfassade an den sonnenexponierten Seiten angebracht, dahinter befindet sich ein klassischer Bau. Bei hoher Sonneneinstrahlung steigt die Konzentration der Algendichte in dem Medium, dadurch wird es undurchsichtig und fast giftgrün. Bei wenig Sonne sinkt die Algendichte und das System variiert in seiner Transluzenz. Das Algenmedium muss kontinuierlich mit Luft durchströmt werden, da es ansonsten zu Biofouling kommen kann und die Algen absterben.

Erst durch die Haustechnik die notwendig ist, um die Algen wachsen zu lassen und sie abzu-

ernten, wird der Aufbau letztendlich komplex. Eine Energiezentrale sorgt dafür, dass die Algen geschossweise ver- und entsorgt werden. Sie müssen mit Nährstoffen versorgt und wieder abgeschöpft werden. Über eine sogenannte Flotationseinheit werden täglich Mikroalgen geerntet. Das Algenmedium strömt aus der Anlage, wird zentrifugiert und im Anschluss getrocknet. Als Nährstoff benötigt die Alge CO_2 , das aus der Gastherme entnommen wird. Im Anschluss kann eine thermische Verwertung in einer Biogasanlage erfolgen. Neben der Algenproduktion funktioniert die Anlage auch als klassischer Wärmespeicher nach dem solarthermischen Prinzip. Die Wärme wird durch einen Wärmetauscher abgeschöpft und in >

recherches réalisées sur ce projet subventionné. « Lorsque je suis entré chez Arup il y a quelques années, je me suis retrouvé en terre inconnue. J'étais architecte et je devais m'occuper d'algues, et en particulier de la question de la photosynthèse, explique-t-il pour commencer. Les algues font partie des énergies renouvelables. La biomasse produite par les microalgues est une excellente source d'énergie, la croissance des algues étant dix fois plus rapide que celle de n'importe quel autre végétal. Pour réaliser la photosynthèse, les algues

ont besoin de lumière, de CO_2 et de quelques nutriments. Elles se multiplient donc, et la biomasse récoltée peut servir à produire de l'énergie. »

L'idée

La part des énergies renouvelables est actuellement de 12 % seulement, la biomasse constituant la majorité de cette part (8,2 %). Ce postulat était le point de départ, pour les participants, d'un travail de recherche sur les algues visant à les cultiver dans le bâtiment afin de produire de l'énergie. Jusqu'alors, la récolte

des algues se faisait à l'horizontale ou sur des collecteurs tubulaires. On est ici déjà en mesure de cultiver et de récolter des algues. L'innovation de la nouvelle approche a consisté à disposer les algues non pas à l'horizontale mais à la verticale, en les intégrant à la façade. Martin Pauli pose néanmoins un regard critique sur cette démarche : « Il faut bien sûr s'interroger sur les conséquences sur le plan de la culture du bâtiment. Que deviendront nos villes si les façades sont recouvertes d'une sorte de magma vert ? Mon rôle d'architecte me

contraint à mettre l'accent sur l'esthétique. Dans un avenir proche, nous devons perfectionner le système de façon à ce que les architectes et les concepteurs puissent l'adapter et en modifier la forme. »

Le consortium

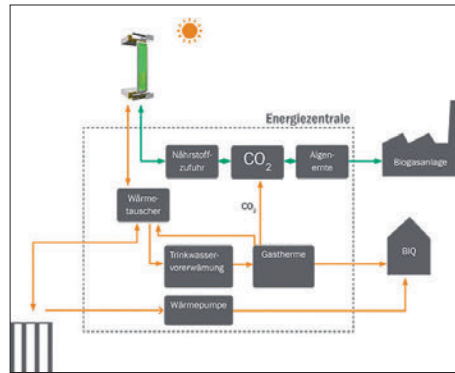
Un consortium a été formé autour de l'idée de cultiver des algues sur la façade ; il se composait d'Arup, développeur, de Colt International GmbH, constructeur de la façade, et de SSC Strategic Science Consult, spécialiste des technologies liées >

FASSADENBAU

> den Sommermonaten in Erdsonden gespeichert, so dass im Winter die notwendige Wärme vorhanden ist, um das Medium aufzuheizen. Für ein optimales Wachstum der Algen wird die Anlage zu jeder Zeit temperiert. Im Sommer muss das Medium deshalb gekühlt werden, die Temperatur dafür wird ebenfalls den Erdsonden entnommen. Zur Hilfsstromversorgung befindet sich eine Photovoltaikanlage auf dem Dach.

Die Nutzung

«Zur Nutzung der Algen war ursprünglich geplant, diese zu Biogas zu verwerten. Der Betreiber der Anlage zieht jedoch auch andere Verwertungsmöglichkeiten in Betracht. Es macht zugegebenermaßen wenig Sinn, die Algen kostenintensiv zu produzieren, um sie dann zu verbrennen. Das hochwertige Produkt kann hingegen für die Produktion von Nahrungsergänzungsmitteln oder für die Pharmaindustrie eingesetzt werden», erklärt Pauli. «Es stellen sich sicher einige die Frage: Was soll das Ganze eigentlich? Was kostet dieses System und was ist der Ertrag? Der Ertrag misst sich in der sogenannten Biokonversionseffizienz. Diese liegt



Funktionsweise der Energieerzeugung.

Fonctionnement de la production d'énergie.

bei 38% für die Wärme und bei 10% für die Biomasse. Im Vergleich: die Photovoltaik liegt bei 12-15% und die Solarthermie bei 60-65%.» Weiter ergänzt er: «Als Forschungsthema ist für uns wichtig, zu verstehen, wo die Korrelationen zwischen der Akzeptanz der Nutzer, die in dem Gebäude wohnen, der technischen und der energetischen Performance liegen. Die erste

Erkenntnis eines Monitorings in Kooperation mit der HafenCity Universität Hamburg ist, dass die Akzeptanz der Nutzer erstaunlich gut ist. Die Bewohner haben sich dem Image verschworen, in dem Algenhaus zu wohnen. Das energetische Monitoring hat gezeigt, dass wir mehr Wärme produzieren als anfangs simuliert. Auch das ist positiv.»

Der Ausblick

In der Zukunft ist angedacht, die bioreaktive Fassade in einen größeren Kontext zu implementieren. So könnte beispielsweise in Gebäuden anfallendes Grauwasser und die darin enthaltenen Nährstoffe und das Kohlendioxid als Nahrung für die Algen verwendet werden. Innerhalb eines geschlossenen Kreislaufs wird das CO₂ absorbiert und das Grauwasser gereinigt. Das Wasser wird zurückgeführt und die Wärme verwendet. Das Team beschäftigt sich langfristig mit der Herausforderung, die Anlage in smarte Stadtcluster zu implementieren, um somit den Mehrwert zu steigern. So würde der Begriff der «grünen» Stadt im doppelten Sinne zu verstehen sein. ■

CONSTRUCTION DE FAÇADES

> aux algues. Le projet est soutenu par l'initiative pour la recherche Zukunft Bau. « Nous avons eu la chance de trouver un investisseur qui nous a accompagnés dans la concrétisation de notre idée. Il a accepté de prendre le risque de tester le prototype de façade sur un immeuble d'habitation dans le cadre d'un projet pour l'IBA de Hambourg. Initialement, personne ne pouvait dire si les locataires allaient accepter cette maison aux algues, ou si la résistance allait être trop forte », explique Martin Pauli.

Le système

La façade bio-réactive se compose de 129 panneaux vitrés entourés d'un cadre en aluminium, à l'intérieur desquels un support liquide est mélangé aux algues. Les panneaux possèdent une fixation centrale, sont orientables et peuvent servir d'ombrage adaptatif. Ils sont disposés sur les côtés exposés au soleil, comme une façade secondaire, placée devant un bâtiment classique. Lorsque le rayonnement solaire est important, la concentration en algues dans le support augmente et ce dernier devient opaque et prend une coloration vert vif. Lorsqu'il y a moins de soleil, la concentration en algues diminue et les panneaux sont plus ou moins translucides. De l'air doit

constamment passer dans le support, à défaut de quoi un bioencrassement peut survenir et tuer les algues. C'est uniquement la technique nécessaire pour faire pousser les algues et les récolter qui fait toute la complexité du concept. Une centrale énergétique assure l'alimentation et l'élimination des algues à chaque étage. Celles-ci doivent en effet recevoir des nutriments et par la suite être extraites. Une unité de flottaison permet de récolter chaque jour des microalgues. Le support des algues sort de l'installation, passe dans une centrifugeuse puis est asséché. Pour se nourrir, les algues ont besoin de CO₂, prélevé depuis la chaudière à gaz. Enfin, elles peuvent être valorisées thermiquement dans une centrale au biogaz. Outre la production d'algues, le dispositif sert aussi d'accumulateur de chaleur classique, selon le principe de l'énergie thermique solaire. La chaleur est extraite par un échangeur thermique et stockée dans des sondes géothermiques pendant les mois d'été, de façon à ce que, en hiver, la chaleur nécessaire soit disponible pour chauffer le support. Afin d'assurer une croissance optimale des algues, l'installation est tempérée à tout moment. Le support doit donc être refroidi en été ; pour ce

faire, les sondes géothermiques sont également mises à contribution. Des panneaux photovoltaïques placés sur le toit permettent une alimentation auxiliaire en électricité.

L'utilisation

« A l'origine, on avait prévu de valoriser les algues sous forme de biogaz. Les exploitants du dispositif examinent toutefois d'autres possibilités. Il est manifestement peu judicieux de produire des algues à un prix élevé pour les brûler ensuite. Ce produit de qualité peut en revanche servir à la production de compléments alimentaires ou être utilisé dans l'industrie pharmaceutique, assure Martin Pauli. Certains se posent assurément des questions : de quoi s'agit-il au juste ? Combien coûte ce système, et qu'a-t-on à y gagner ? Ce qu'on y gagne se mesure à l'aune de l'efficacité de la bioconversion, qui se situe à un taux de 38 % pour la chaleur et de 10 % pour la biomasse. A titre de comparaison, elle est de 12 à 15 % pour les panneaux photovoltaïques et de 60 à 65 % pour l'énergie thermique solaire ». Et d'ajouter : « Dans notre rôle de chercheur, nous tenons à comprendre où se situent les corrélations entre l'acceptation des utilisateurs qui résident dans le bâtiment, l'efficacité

technique et le rendement énergétique. Les premiers résultats d'une étude de suivi réalisée en coopération avec la HafenCity Universität de Hambourg montrent que l'acceptation des utilisateurs est étonnamment élevée. Les résidents se sont engagés en faveur de l'image dégagée par le fait de vivre dans la maison aux algues. Le suivi énergétique a révélé que nous produisons davantage de chaleur que ne l'indiquaient les simulations initiales. Là encore, c'est un résultat très positif. »

Les perspectives

La mise en œuvre de la façade bio-réactive dans un contexte plus large est envisagée à l'avenir. Il serait par exemple possible de prélever les nutriments et le dioxyde de carbone contenus dans les eaux usées évacuées des bâtiments et de les utiliser pour nourrir les algues. Le CO₂ est ainsi absorbé, et les eaux usées épurées, dans un circuit fermé. L'eau est renvoyée dans le circuit du bâtiment et la chaleur est exploitée. Sur le long terme, l'équipe étudie la question de la mise en œuvre de ce dispositif dans des quartiers urbains intelligents, afin d'en accroître encore la valeur. Le terme de « ville verte » prendrait alors une nouvelle connotation. ■