Use of thermo chemical fluids in building climate control and heat supply

The following text, explaining the use of thermo chemical fluids in building climate control and heat supply is an excerpt of the book “Building with climate envelopes” published by Martin Buchholz, Arda Karasu and Claus Steffan (TU Berlin, 2014).

The whole book can be found online at https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/4148

WÄRMERÜCKGEWINNUNG UND FEUCHTEREGLIERUNG IN GEBÄUDEN

Martin Buchholz

In Gebäuden entsteht feuchte Luft beim Duschen, Kochen, Wäschetrocknen sowie durch das Atmen der Bewohner und Pflanzen. Diese Feuchte enthält Wärmeenergie und geht normalerweise beim Lüften verloren. Die Feuchtigkeit muss jedoch entfernt werden, da sonst Kondenswasser an Fenstern oder an kalten Wänden entsteht. Beim Heizen in gut gedämmten Räumen ist die Raumluft andererseits in den meisten Fällen viel zu trocken.

Zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Luftqualität wird die Feuchte durch die Salzlösung in einem Umluft- oder Abluftgerät aufgenommen. Auf diese Weise werden in dem Gebäude keine sperrigen und unhygienischen Lüftungsrohre benötigt, da die Luft vom Zuluft- zum Abluftgerät frei durch die Räume strömen kann. Die dabei erwärmte Salzlösung wird zu einem Zuluftgerät transportiert, um dort die in das Gebäude einströmende Luft zu erwärmen und zu befeuchten. Feuchtespitzen werden so in der Abluft aufgenommen, während aus gesundheitlichen Gründen immer eine Mindestluftfeuchtigkeit aufrecht erhalten wird.

Keime und Staub in der Zuluft und in der Raumluft werden ebenfalls durch die Salzlösung aufgenommen und neutralisiert, bzw. durch einen Wasserfilter abgetrennt.

Abb./ Fig.21: Watergy Absorberbox mit zwei Rieselfüllkörpern/ Watergy Absorberbox with two carrier materials

Abb./ Fig.22: Watergy Absorber mit Wärmetauscherrohr zur direkten Übertragung frei werdender Wärme / Watergy Absorberbox with heat exchange pipes for dirket transfer of released heating energy

HEAT RECOVERY AND HUMIDITY REGULATION IN BUILDINGS

Martin Buchholz

Humid air in buildings accrues through showering, cooking and drying laundry, as well as the breathing of the inhabitants and plants. This humidity holds heat energy that is usually lost when airing the rooms of the building. The humidity itself, however, must be removed as otherwise condensation develops on the windows or cold walls. On the other hand, when well-insulated rooms are heated the air in them is usually much too dry.

In order to improve energy efficiency and air quality the humidity is taken up by a liquid desiccant in a recirculation or extraction unit. This abolishes the need for unwieldy and unhygienic ventilation pipes in the building, as the air from the air supply and extraction units can flow freely through the rooms. The liquid desiccant is thereby heated and transported to the air supply unit to heat and humidify the air flowing into the building. Humidity peaks are thus taken up by the exhaust air, while in the interests of health a minimum humidity is always maintained.

Germs and dust in the air supply and in the interior air are also taken up and neutralised by the liquid desiccant, or are removed with a direct contact water-to-air filter.

GEBÄUDEKÜHLUNG MIT WASSER ALS ERNEUERBARE ENERGIEQUELLE

Martin Buchholz

Im Sommer kann im Abluftgerät Wasser verdunstet werden. Durch die Verdunstung wird das Wasser kalt. Das kalte Wasser wird über einen Wärmetauscher geführt und an das Zuluftgerät weitergeleitet. Die Salzlösung im Zuluftgerät wird hierdurch indirekt gekühlt und kann die Zuluft gezielt trocknen und abkühlen.

In einem Speicher wird die am Tag durch die Sole aufgenommene Wärme zurückgehalten. Diese Wärme kann in der Nacht genutzt werden, um das tagsüber in die Sole aufgenommene Wasser wieder zu verdunsten. Zudem läuft die Verdunstung von Wasser im Abluftgerät weiter. Hierdurch kann Kälte für die Gebäudekühlung am nächsten Tag im selben Speicher bevorratet werden. Ein Speicher wird somit gleichzeitig zur Rückhaltung von Wärme (Regeneration der Salzlösung in der Nacht) und zur Rückhaltung von Kälte (für die Gebäudeklimatisierung) genutzt.

Abb./ Fig.23: Verdunstungskälte mit demineralisiertem Wasser/ Evaporative cooling with demineralised water

COOLING BUILDINGS WITH WATER AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE

Martin Buchholz

Abb./ Fig.24: Nächtliche Fassasdenkühlung/
Cooling through facade over night

Abb./ Fig.25: Gewächshaus- Prototyp in Spanien/ Greenhouse prototype in Spain

In the summer water can be evaporated in the air extraction unit. Due to the evaporation the water is cooled. The cold water is conveyed over a heat exchanger and thus to the air supply unit. The liquid desiccant in the air supply unit is thereby indirectly cooled and can dehumidify and cool the supply air in a targeted manner.

The heat taken up by the liquid desiccant during the day is retained in a storage unit. This heat can be used at night and the water taken up by the liquid desiccant thereby once again evaporated. The evaporation of water in the extraction unit also continues during the night. This allows cold to be retained in the same storage unit for use in cooling the building the next day. One storage unit is thus employed for the simultaneous retention of heat (regeneration of the liquid desiccant at night) and of cold (for air conditioning of the building).

KLIMAHÜLLE ALS SOLARKOLLEKTOR

Martin Buchholz

Ein Dach- oder Fassadengewächshaus kann mithilfe der Watergy Absorberbox als Solarkollektor eingesetzt werden. In dem Gewächshaus entsteht durch Solarenergie warme Luft, die durch Pflanzen befeuchtet wird. Sowohl in der Wärme, als auch in der Feuchte ist Energie enthalten.

Heizen mit Luft aus dem Gewächshaus: Im Winter werden bereits bei leichter, diffuser Sonneneinstrahlung Temperaturen von 15–20 °C erreicht. Durch Trocknung der Luft in der Watergy Box wird die Temperatur nun auf etwa 20–28 °C erhöht und kann zum Heizen direkt in das Gebäude geführt werden.

Speicherbeladung mit Energie aus dem Gewächshaus: An richtig sonnigen Tagen werden im Winter Temperaturen bis etwa 35 °C erreicht. Die Sole erwärmt sich bei Aufnahme der Feuchtigkeit aus der Gewächshausluft und es steht dann Sole von etwa 40–45 °C für die Speicherung von Wärme bereit. Diese Wärme kann zeitversetzt in der Nacht oder an Tagen ohne Sonne zur Beheizung des Gebäudes verwendet werden.

CLIMATE ENVELOPE AS A SOLAR COLLECTOR

Martin Buchholz

A rooftop or facade greenhouse can, with the help of the Watergy Absorberbox, be used as a solar thermal collector. Due to solar energy warm air develops in the greenhouse and is humidified by the plants. Energy is present in both the heat and the humidity.

Heating with air from the greenhouse: in winter temperatures reach 15–20 °C even with light and diffuse solar radiation. By dehumidifying the air in the Watergy Box the temperature is increased to 20–28 °C and can then be directly used for heating in the building.

Loading the storage unit with energy from the greenhouse: On really sunny days temperatures reach about 35 °C in winter. The liquid desiccant heats up as it takes up humidity from the air in the greenhouse, and reaches temperatures of about 40–45 °C. This stored heat can then be used for heating the building at other times, for instance at night or on days with no sunshine.

Abb./ Fig.26: Beitrag von Watergy und Studioberlin für BMVBS Wettbewerb „Plusenergiehaus, Berlin"/ Contribution of Watergy and Studioberlin to BMVBS competition „Plus- energy house, Berlin"

EIN KONZEPTIONELLES TOWNHOUSE MIT KLIMAHÜLLE

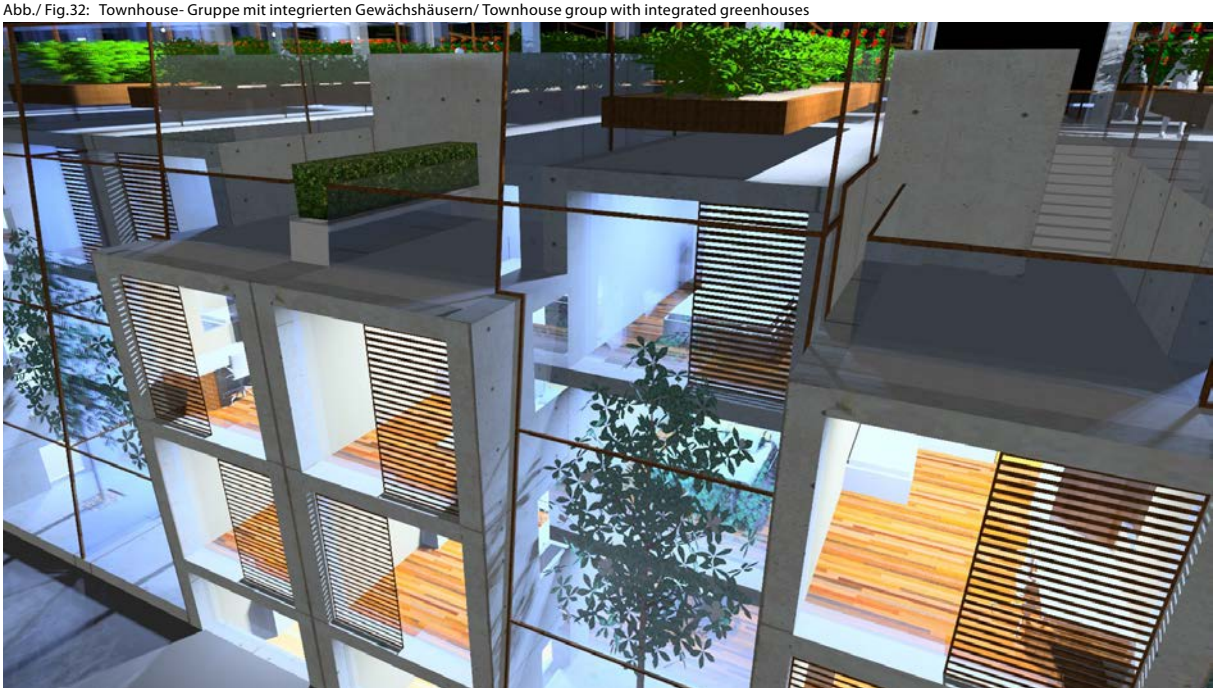
Arda Karasu

Fügt man neue Funktionen in bestehende Gebäudesysteme ein, kann ein entscheidender Beitrag für nachhaltige Stadtentwicklung geleistet werden. Neben der Funktion als Anbaufläche oder Erweiterung des Wohnraums beeinflussen dach- und fassadenintegrierte Gewächshäuser die Gebäudehülle. Sie führen zu verbesserten Energieauslastungen bei gleichzeitiger Erhöhung des Solarertrags in Bezug auf den Energiebedarf.

In diesem Zusammenhang wurde eine konzeptionelle Studie über Townhouses mit integrierter Klimahülle als passiver Solarkollektor, als Lärmschutz und als Platz für Urban Farming in Berlin analysiert. Die Untersuchung basiert auf empirischer Forschung von geschlossenen Gewächshäusern und auf Luftentfeuchtung durch Trocknungsmittel. Flüssige Trocknungsmittel werden benutzt, um Energie und Wärme aus heißer und feuchter Gewächshausluft zu gewinnen. Gleichzeitig sind sie in die Feuchtigkeitsregulierung und Wärmerückgewinnung des Gebäudes einbezogen.

In dem illustrierten Beispiel verfolgt die Gebäudehülle eine kompakte Geometrie mit optimiertem Verhältnis von Außenflächen und Volumen. Es wurden optimierte Fensterflächen und -eigenschaften, Wärmedämmung, aktiver Sonnenschutz und gebäudeintegrierte Fotovoltaik vorgesehen. Das Dachgewächshaus dient als Aufenthaltsbereich sowie als Wind- und Lärmschutz. Darüber

Abb./ Fig.32: Townhouse- Gruppe mit integrierten Gewächshäusern/ Townhouse group with integrated greenhouses



A CONCEPTUAL TOWNHOUSE WITH CLIMATE ENVELOPE

Arda Karasu

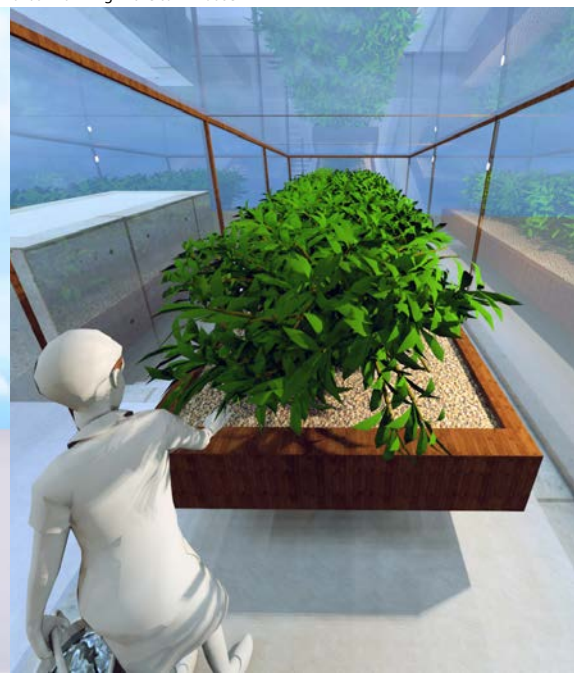
Introducing new functions into existing systems of buildings can make a decisive contribution to sustainable urban development. As well as functioning as cultivation areas or extensions of living space, rooftop and facade-integrated greenhouses influence the building envelope. They lead to improved energy utilisation while simultaneously improving the solar yield in relation to energy requirements.

In this context we conducted a conceptual study of townhouses with integrated climate envelopes that act as passive solar thermal collectors, as noise mitigation and as a place for urban agriculture in Berlin. The investigation was based on empirical research of closed greenhouses and air dehumidification using desiccant mediums. Liquid desiccant was used to generate energy and heat from hot and humid greenhouse air. At the same time the climate envelopes are integrated into the humidity regulation and heat recovery of the building.

In the illustrated example the building envelope follows a compact geometry with an optimal relationship between exterior surface areas and volumes. Optimised window surfaces and properties, heat insulation, active solar protection and building-integrated photovoltaics were provided. The rooftop greenhouse serves as living space and as protection from wind and noise. It can also be used for urban gardening. Of interest with this form of

Abb./ Fig.33: Schnitt Townhouse/ Section of the townhouse

Abb./ Fig.34: Urban Farming im Townhouse/ Urban Farming in the townhouse

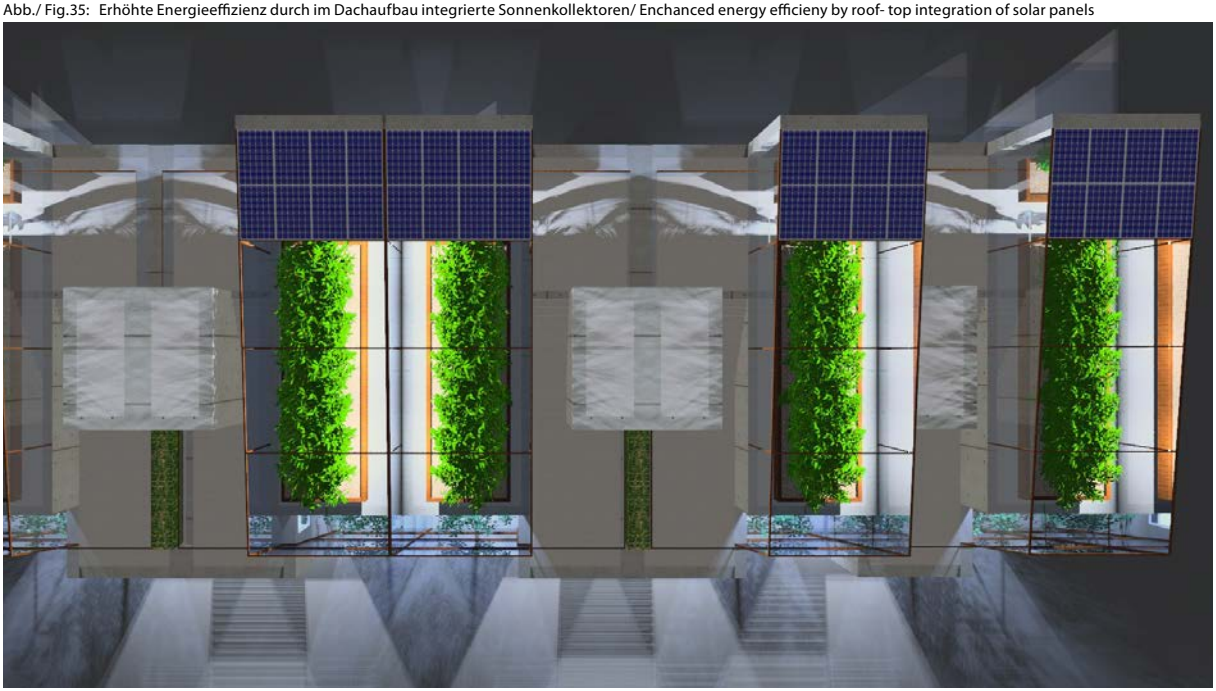


hinaus kann das Gewächshaus für urbanen Gartenbau verwendet werden. Interessant bei dieser Nutzungsform ist auch der hohe CO_2-Gehalt der Gebäudeabluft, welcher im Gewächshaus zur Pflanzendüngung verwendet werden kann.

Das eingesetzte Watergy Klimagerät nutzt eine flüssige Salzlösung zur Raumtemperierung, Feuchteregulierung und zur Wärmerückgewinnung. Die Salzlösung kann beispielsweise durch Bodenwärmetauscher oder mithilfe heutzutage nicht genutzter Abwärme aus industriellen Prozessen regeneriert werden. Dies wird notwendig, wenn im Gewächshaus hohe Mengen an Wasserdampf erzeugt werden, die von der Salzlösung aufgenommen, aber nicht wieder über die Befeuchtung der Gebäudezuluft abgegeben werden können.

Gebäudeintegrierte Gewächshäuser (BIG: Building Integrated Greenhouses) zu bauen kann für solare Raumheizungen eine leistungsstarke Alternative zu heutigen solarthermischen Anlagen bedeuten. Darüber hinaus ist es (abhängig von den lokalen klimatischen Bedingungen) möglich, annähernd Null-Energie-Haus-Standards zu erreichen und durch die Gewächshäuser neue architektonische Akzente zu setzen.

Abb./ Fig.35: Erhöhte Energieeffizienz durch im Dachaufbau integrierte Sonnenkollektoren/ Enchanced energy efficieny by roof- top integration of solar panels



utilisation are the high CO_2 levels in the air of the building, as they can be used for carbon dioxide fertilisation.

The Watergy air-conditioning unit used here employs a fluid desiccant to control room temperature, regulate humidity and recover heat. The liquid desiccant can be regenerated, for instance, with ground heat exchangers or with the help of currently unexploited waste heat from industrial processes. This will be necessary if large quantities of water vapour are generated in the greenhouse that are then not taken up by the liquid desiccant and also cannot be released through humidification of the air supply to the building.

The construction of Building Integrated Greenhouses (BIG) can offer a high-performance alternative to today's solar-thermal equipment. Furthermore, it is also possible (depending on local climatic conditions) to achieve standards close to those of a zero-energy house and to set new architectural accents through the greenhouses.

Abb./ Fig.36: Ansicht der Townhouse- Gruppe/Front view of the townhouse group

FUNKTIONSSCHEMATA DER RAUMLUFT-KONDITIONIERUNG IM TOWNHOUSE

Martin Buchholz

Die Watergy Absorberbox ermöglicht eine energieeffiziente Heizung, Kühlung, Befeuchtung und Entfeuchtung von Gebäuden und Gewächshäusern, die als Solarkollektor einen Beitrag zur Raumluftkonditionierung leisten.

Für das im vorangegangenen Kapitel vorgestellte Townhouse wurde ein Dach- und Fassadengewächshaus mit der Watergy Absorberbox nach folgendem Schema in die Klimatisierung integriert:

1. KÜHLEN IM SOMMER:

Im Kühlfall wird innerhalb von Box 2 Wasser verdunstet. Die dabei entstehende Kälte kann über einen Wärmetauscher an einen thermischen Speicher (TS) und über diesen an die Salzlösung in Box 1 übertragen werden. Nach Passage der Raumluft in Box 2 erfolgt die Weiterleitung der mit CO_2 aus dem Gebäude angereicherten, über den Verdunstungsvorgang feuchtigkeitsgesättigten Luft in das Gewächshaus. Die Luft wird hier durch die Sonne stark erwärmt und die Pflanzen können so weitere Wassermengen an die Luft abgeben.

Aus dem Gewächshaus wird die Luft an Box 1 weitergeleitet und hier durch die konzentrierte und kalte Salzlösung in einem Arbeitsgang entfeuchtet und abgekühlt. Die Sole erwärmt sich dabei durch die heiße Gewächshausluft und durch die bei der Lufttrocknung frei werdende latenten Wärme. Die Wärme wird im thermischen Speicher (TS) für die Soleregeneration in der Nacht zurückgehalten.

Die abgekühlte und getrocknete Luft wird gleichmäßig in das Townhouse geführt, wodurch der Kreislauf geschlossen wird. Intermittierend kann in den Kreislauf Außenluft zugeführt werden, um die CO_2-Konzentration im Gebäude, die im geschlossenen Kreislauf nur im Maße des Abbaus durch Pflanzen reduziert werden kann, genau zu regulieren.

SCHEMATA OF THE AIR CONDITIONING FUNCTIONS IN THE TOWNHOUSE

Martin Buchholz

The Watergy Absorberbox makes possible the energy-efficient heating, cooling, humidifying and dehumidifying of buildings and greenhouses, which by acting as solar thermal collectors contribute to the air conditioning of interior spaces.

For the townhouse described in the previous chapter a rooftop and facade greenhouse with the Watergy Absorberbox was integrated into the air conditioning system as follows:

1. COOLING IN SUMMER:

In cooling mode water is evaporated inside Box 2. The associated cold can be conveyed through the heat exchanger to the thermal storage (TS) and thus to the liquid desiccant in Box 1. After the inside air has passed into Box 2 the air, which has been enriched with CO_2 from the building and saturated by the evaporation process, is transferred to the greenhouse. Here the air is strongly heated by the sun and due to the higher air temperature the plants can release further water to the air.

From the greenhouse the air is conveyed to Box 1 and is here dehumidified and cooled by the concentrated and cold salt solution in one operational step. The liquid desiccant is thereby heated by the hot air from the greenhouse and by the latent heat released by the drying of the air. The heat is retained in the thermal storage (TS) for the regeneration of the liquid desiccant at night.

The cooled and dehumidified air is evenly conducted into the townhouse, thus completing the cycle. Outside air can be intermittently introduced into the cycle in order to precisely regulate CO_2 concentrations in the building, which can otherwise only be reduced in line with the scale of take-up by the plants.

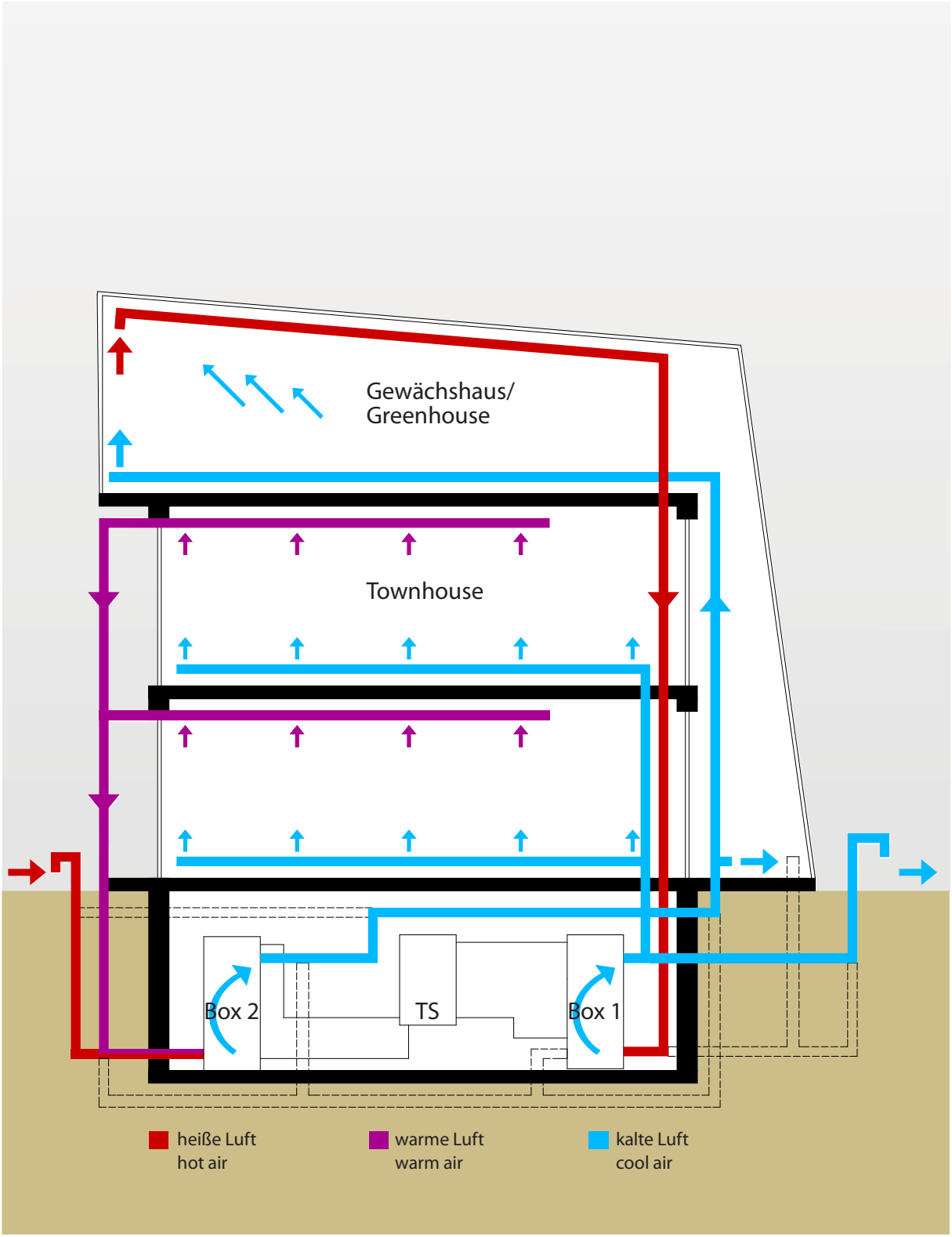


Abb./ Fig.37: Kühlen im Sommer/ Cooling during summer

2. KLIMATISIERUNG DES GEBÄUDES IN SOMMERNÄCHTEN UND REGENERIERUNG DER SOLE UND DES KÄLTESPEICHERS:

Das Gebäude wird nachts weiterhin über den Luftkreislauf des Tageszyklus gekühlt. Die dabei wassergesättigte Luft wird in das Gewächshaus geführt. An den Fensterflächen des Gewächshauses kondensiert die Luftfeuchtigkeit. Die dabei freiwerdende Wärme wird über die Verglasung an die kältere Umgebung abgegeben und das Kondenswasser mit Sammelrinnen aufgefangen. Die Gewächshausluft wird nun wieder über Box 1 in das Gebäude zurückgeführt.

Zur Soleregenerierung wird Gewächshausluft im Umluftbetrieb zu Box 1 und wieder zurück in das Gewächshaus geführt. Die im Tagesverlauf verdünnte und über den thermischen Speicher erwärmte Sole kommt in Box 1 in Kontakt mit der Gewächshausluft. Hierdurch verdunstet eine Teilmenge des Wassers aus der Sole und kann im Gewächshaus über Kondensation zurückgewonnen werden.

Die Funktion der Regeneration ist abhängig vom Temperaturunterschied zwischen der tagsüber eingelagerten Speicherwärme und der Außentemperatur in der Nacht. Kommen insbesondere durch warme Nächte keine ausreichenden Temperaturunterschiede zustande, muss der Speicher tagsüber, beispielsweise mit Hilfe von Solarkollektoren, auf eine entsprechend höhere Temperatur erwärmt werden.

Das Interessante an diesem Ansatz ist, dass die benötigte Kälte (entsprechend dem Prinzip der Nachtauskühlung) in Gebieten mit niedrigen Tag/Nacht Temperaturunterschieden, beispielsweise in Küstengebieten, durch Zufügung von Wärmeenergie am Tag ersetzt werden kann. Die durch die stärkere Soleregeneration dann auch verbesserte Lufttrocknung führt letztlich zu mehr Wasserverdunstung in Box 2 und im Gewächshaus, wodurch wiederum mehr Kälte bereitgestellt werden kann.

2. AIR CONDITIONING OF THE BUILDING AT NIGHT IN SUMMER AND REGENERATION OF THE LIQUID DESICCANT AND THE COLD STORAGE:

The building continues to be cooled at night by the daytime air cycle. The saturated air produced in Box 2 within this cycle is conveyed to the greenhouse. The humidity condenses on the greenhouse window surfaces. The heat thus emitted is released to the colder surroundings through the glass and the condensed water is collected in channels. The greenhouse air is then once again transferred through Box 1 into the building.

In order to regenerate the liquid desiccant the greenhouse air is conveyed to Box 1 and then back into the greenhouse in circulation mode. In the course of the day the desiccant has been diluted and is now heated by the thermal storage, and in Box 1 comes into contact with the greenhouse air. Part of the water from the liquid desiccant then evaporates and can be recovered in the form of condensation in the greenhouse.

The regeneration function is dependent on the difference in temperature between the heat retained during the day in the thermal storage and the outside temperature at night. If the temperature difference is insufficient, for instance due to warm nights, the storage will need to be heated to a higher temperature during the day, for example with the help of thermal solar collectors.

The interesting feature of this approach is that in regions with low day/night temperature differences, for example in coastal areas, the necessary cooling can be replaced by the addition of heat energy in the daytime (in line with the principle of night cooling). The increased regeneration of the liquid desiccant leads to an improvement in air dehumidification, which in turn leads to more evaporation in Box 2 and in the greenhouse, thus allowing the provision of increased cooling.

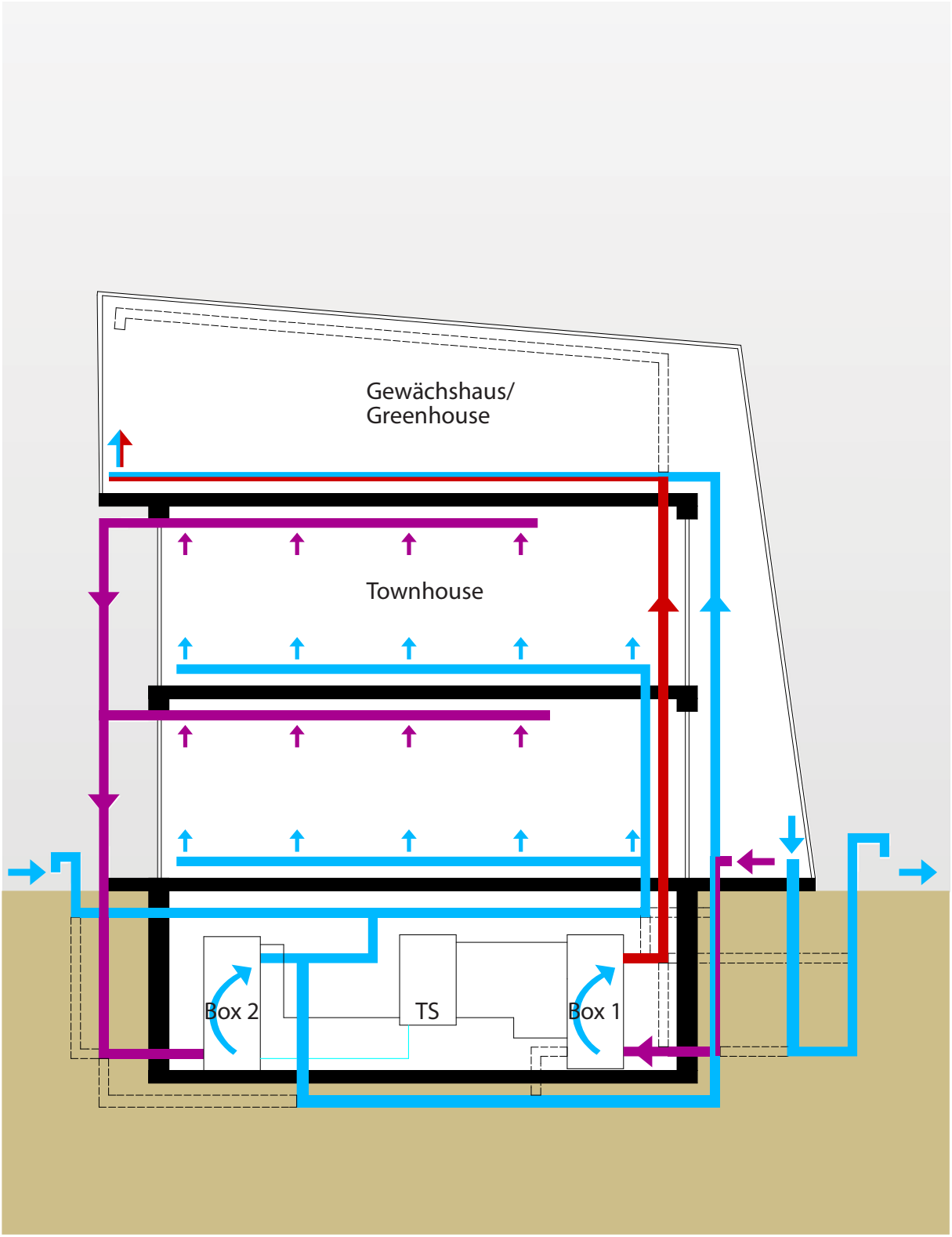


Abb./ Fig.38: Klimatisierung in Sommernächten und Regenerierung der Sole und des Kältespeichers/ Air conditioning during summer nights and regeneration of the liquid desiccant and the colds torage

3. HEIZEN IM WINTER MIT WÄRMEGEWINNUNG AUS DEM GEWÄCHSHAUS:

Im Winter wird das Townhouse über Box 2 wahlweise im Zuluft- oder Umluftbertrieb beheizt. Hierbei wird die Luft mit Hilfe der Sole auf eine konstante relative Luftfeuchte von ca. 30–40 % be- oder entfeuchtet. Die Wärmezufuhr erfolgt über den Solestrom und wird aus dem Speicher (TS) bereitgestellt. Die Abluft wird über Box 1 wieder aus dem Gebäude geführt. Hierbei wird Wasserdampf aus internen Quellen (Duschen, Kochen, Wäschetrocknen etc.) durch die Sole aufgenommen und als erwärmte Sole an Box 2 zurückgepumpt wodurch der Solekreislauf geschlossen ist.

An sonnigen Tagen wird warme und feuchte Luft aus dem Gewächshaus (25–40 °C) zu Box 1 geführt. Hierdurch werden zusätzliche Wärme- und Feuchtemengen in den Solekreislauf abgegeben. Die Wärme kann im Wärmespeicher (TS) zur Beheizung des Gebäudes in der Nacht und an Tagen mit wenig Sonne aufgenommen werden. Die Feuchtemengen sind insbesondere bei Nutzungsformen mit wenig inneren Feuchtequellen interessant, um ohne zusätzliche Wärmeenergie eine konstant hohe Luftfeuchte im Gebäude anbieten zu können. Ansonsten muss konzentrierte Sole aus einer zusätzlichen Regeneratorbox unter Nutzung von günstiger Abwärme (z.B. Fernewärmerücklauf, Bodenwärmetauscher) bereitgestellt werden. Die Soleregeneration kann auch über ein Solenetz aus weiter entfernten Abwärmequellen erfolgen.

An Tagen mit diffuser Strahlung wird warme und feuchte Luft aus dem Gewächshaus als Teilluftstrom (15–25 °C) zu Box 2 geführt, hier getrocknet und über die frei werdende latente Energie erwärmt- und direkt in das Gebäude geführt. Nach Passage von Box 1 wird dieser Teilluftstrom wieder in das Gewächshaus zurück geführt und bildet einen geschlossenen Luftkreislauf, bei dem das Kohlendioxid aus der Gebäudeabluft durch die Pflanzen verwertet und somit reduziert wird.

3. HEATING IN WINTER WITH HEAT GENERATED BY THE GREENHOUSE:

In winter the Townhouse is heated via Box 1 either in air supply or in air circulation mode. With the help of the liquid desiccant the air is thus humidified or dehumidified to achieve a relatively constant air humidity of 30–40 %. The addition of heat occurs via the flow of liquid desiccant and is provided from the thermal storage (TS). The exhaust air from the building is conveyed through Box 1 out of the building again. Water vapour from internal sources (showering, cooking, drying laundry, etc.) is absorbed by the liquid desiccant and pumped back to Box 2 as warmed liquid desiccant, thereby completing the liquid desiccant cycle.

On sunny days warm and humid air from the greenhouse (25–40 °C) is conveyed to Box 2. Additional quantities of heat and humidity are thereby released to the liquid desiccant cycle. The heat can be taken up by the thermal storage (TS) for heating the building at night and on days with little sunshine. The humidity is particularly interesting for types of utilisation that are characterised by few internal sources of humidity, so that a constant air humidity level can be provided in the building without the need for additional heat energy. Otherwise, concentrated liquid desiccant must be supplied from an additional regenerator box that uses convenient waste heat (e.g. from district heating return pipes or ground heat exchangers). The regeneration of the liquid desiccant can also be undertaken using a liquid desiccant network from more remote sources of waste heat.

On days with diffuse radiation the warm and humid air from the greenhouse is conveyed to Box 1 as partial air flow (15–25 °C). Here it is dried, warmed by the latent heat thus released, and transferred directly to the building. After passing through Box 2 this partial air flow is conveyed back to the greenhouse, forming a closed air cycle in which the carbon dioxide in the exhaust air from the building is taken up by the plants and thus reduced.

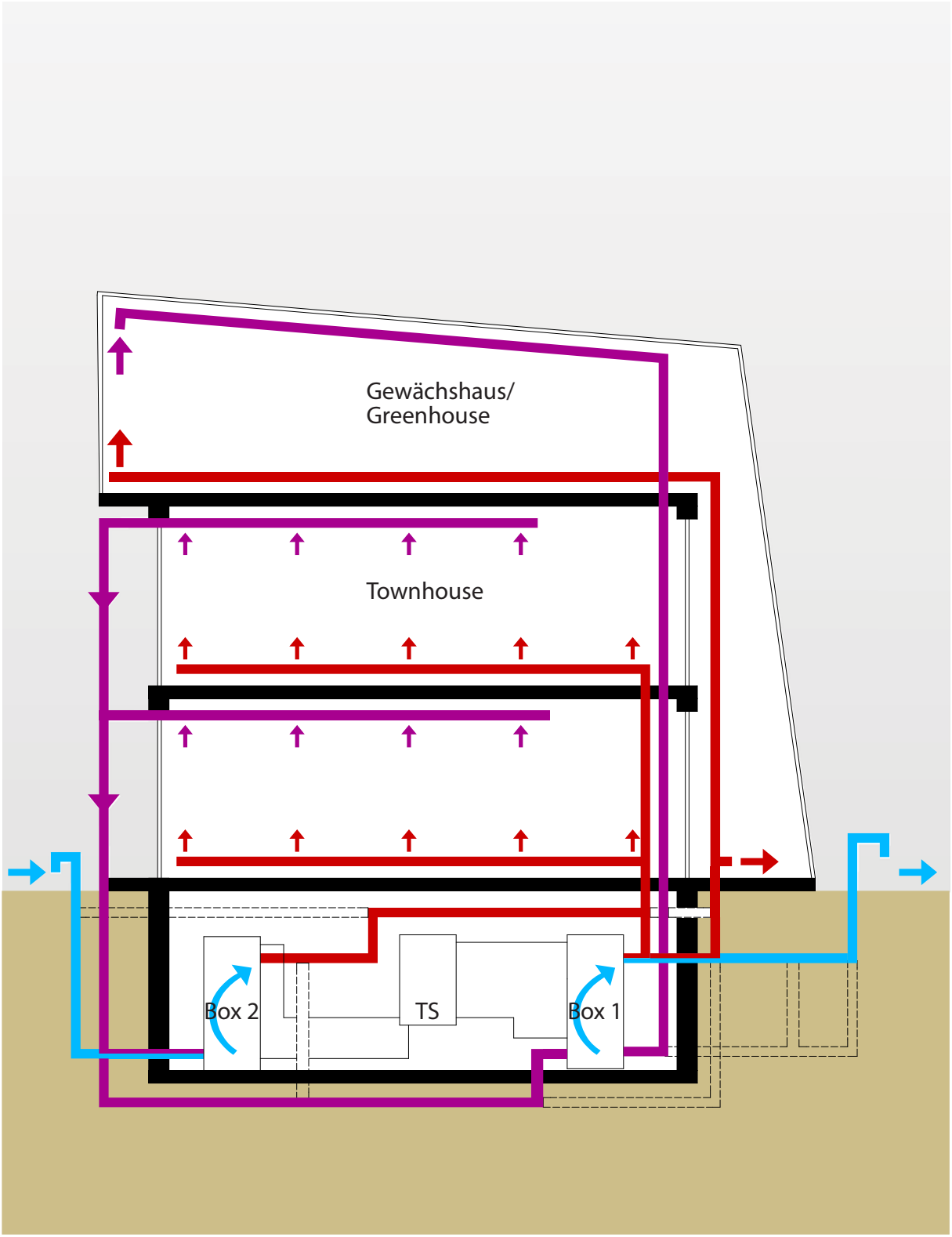


Abb./ Fig.39: Heizen im Winter mit Wärmegewinnung aus dem Gewächshaus/ Heating during winter with heat recovery generated by the greenhouse