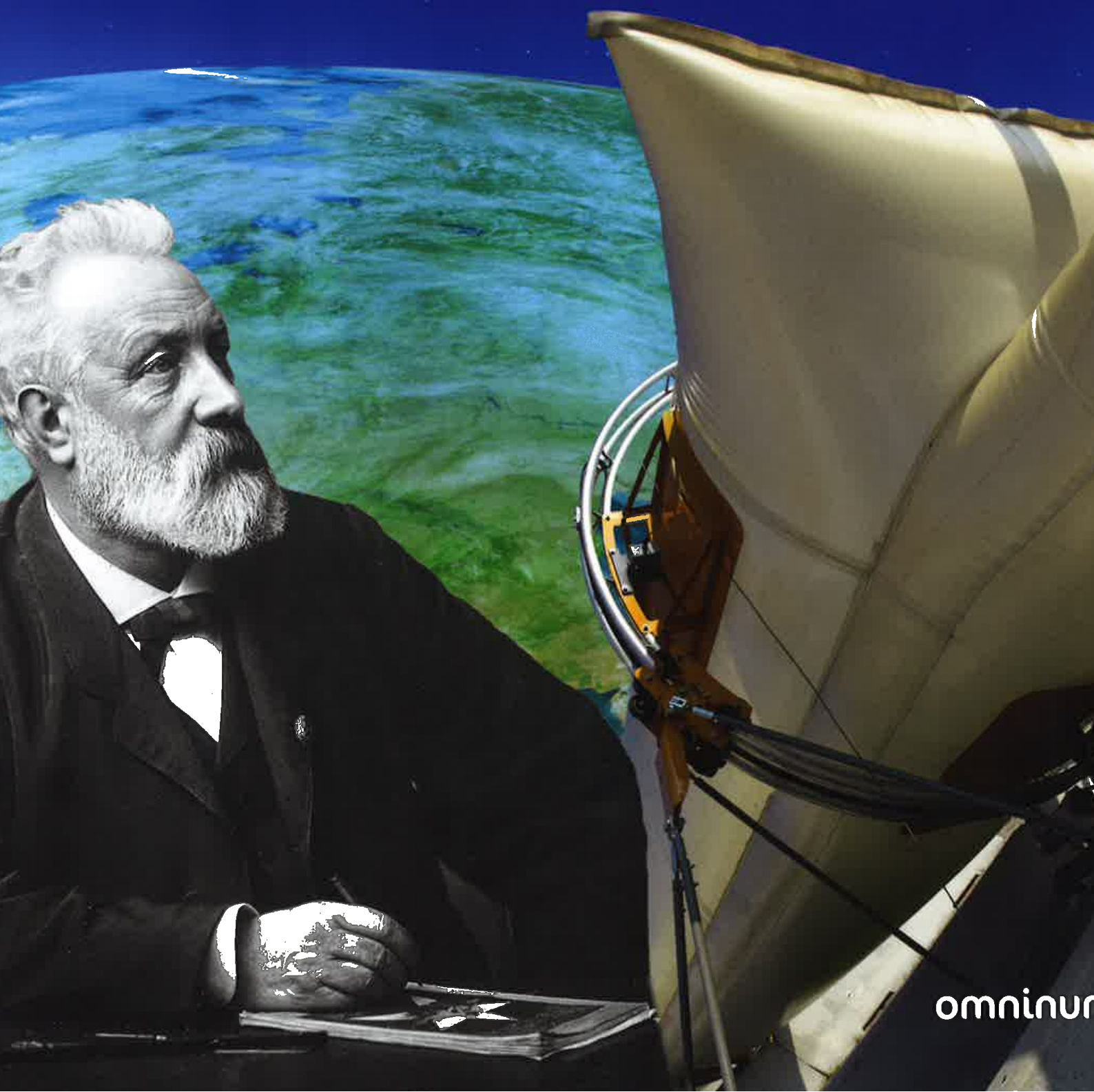


# energy2121

Bilder zur Energiezukunft

Herausgegeben vom Klima- und Energiefonds



omnium



# Form follows Energy – die Zukunft der Energie- performance

Brian Cody

Institut für Gebäude und Energie (Technische Universität Graz)

**A**ngesichts der bedeutsamen Rolle von Gebäuden in der Zusammensetzung des heutigen Weltenergiebedarfs (ca. 50 %) und den zu erwartenden Herausforderungen in der Energieversorgung unserer Gesellschaft in den nächsten 100 Jahren müssen wir uns fragen, welche Lösungen hierzu im Städtebau und in der Gebäudeplanung gefunden werden können. Als geeigneter Ausgangspunkt für derartige Überlegungen zur Zukunft bietet sich ein kurzer Blick auf die Energieversorgung heute am Anfang des 21. Jahrhunderts an.

Angesichts der umfassenden Medienberichterstattung über die globale Erwärmung und den damit ausgelösten Klimawandel könnte das Energieproblem mit dem des Klimawandels leicht verwechselt werden. Das Ausmaß der mit der zukünftigen Energieversorgung und Energieverwendung verbundenen Herausforderungen erstreckt sich jedoch weit über diesen einen – wenn auch sehr wichtigen – Aspekt hinaus. Gleichzeitig ist es jedoch nicht so, dass die Existenz eines Energieproblems in der heutigen öffentlichen Diskussion unumstritten wäre. Daher möchte ich zunächst die Energiefrage kurz auf eine Weise darstellen, welche es Ihnen hoffentlich ermöglicht, auch wenn Sie sich bisher mit der Problematik wenig befasst haben sollten, eine eigene Meinung zur Existenz des auf uns zukommenden Energieproblems und dessen Ausmaß zu bilden.

Relevante Quantitäten können bei der Beschreibung von manchen Problemen behilflich sein. Eine solche Quantität ist in diesem Fall das Ausmaß des weltweiten Primärenergieverbrauches, welcher im Jahr 2010 ca. 540 EJ betrug<sup>1</sup>. Die schiere Größe dieser Zahl macht das Begreifen des Ausmaßes des Problems und dessen Bedeutung für die Menschheit jedoch nicht leicht. Um ein Bild vom physischen Ausmaß des weltweiten Energieverbrauches zu erhalten, schließen Sie Ihre Augen und stellen Sie sich vor, dass jeder zweite Mensch auf dem Planeten einen her-

kömmlichen kleinen Haartrockner in der Hand hält und für die Dauer eines Jahres nicht ausschaltet. Der Energieverbrauch dieser fiktiven Situation ist dem realen Energieverbrauch unserer Welt annähernd gleich, so dass dieses Bild Sie unterstützen kann, die physische Größe des Weltenergieverbrauches zu begreifen.



**Form follows energy – das wird das Motto für Gebäude im 22. Jahrhundert.**

Das Produkt aus Weltbevölkerung und weltweitem durchschnittlichen pro Kopf Primärenergieverbrauch stellt den weltweiten Primärenergieverbrauch dar. Der reale Energieverbrauch ist jedoch nicht – geografisch gesehen – gleichmäßig verteilt. Der pro Kopf Energieverbrauch in den USA ist ca. 4-mal so hoch, der eines Europäers ca. 2-mal so hoch. Währenddessen liegt der pro Kopf Energieverbrauch in China nur geringfügig oberhalb des weltweiten Durchschnitts und der eines Inders weit darunter.

Aufgrund der Bevölkerungsgrößen und der zu erwartenden demografischen Entwicklungen der jeweiligen Länder wird deutlich, dass mäßige Erhöhungen des spezifischen Energieverbrauches in Ländern wie China oder Indien zu einem hohen Anstieg des Gesamtenergieverbrauches der Erde führen, welcher durch Senkungen im Energieverbrauch der entwickelten Länder wie in den USA und Europa kaum kompensiert werden kann. Die oben eingeführte Einheit „Watt pro Person“, welche zur Darstellung eines fiktiven kontinuierlichen Energieverbrauches und, wie beschrieben, stellvertretend für den tatsächlichen Energieverbrauch verwendet wird, ermöglicht ein besseres Verständnis der Fragen und der physikalischen Natur und Bedeutung der Energieflüsse in der Gesellschaft, als es die üblicheren Einheiten, welche sowohl im alltäglichen Gebrauch als auch in der wissenschaftlichen Literatur verwendet werden, wie beispielsweise kJ, kWh, Tonnen Öläquivalent etc., können.

Es besteht eine starke Korrelation zwischen ökonomischer Produktivität und dem Primärenergieverbrauch. Eine Entkopplung dieser anscheinend voneinander abhängigen Faktoren kann zwar erreicht werden, wie die Erfahrungen während der Jahrzehnte nach der Energiekrise in den siebziger Jahren in den USA beispielsweise gezeigt haben. Dennoch bleibt – obwohl die genaue Ausprägung dieser Abhängigkeit modifiziert werden kann – die Grundbeziehung weiterhin bestehen. Eine Erhöhung der ökonomischen Produktivität zieht eine entsprechende Erhöhung des Primärenergiebedarfs nach sich. In China oder Indien, Länder, die derzeit eine hohe ökonomische Wachstumsrate aufweisen, steigt demzufolge der Primärenergieverbrauch – und aufgrund der Größe dieser Länder erfolgt eine entsprechend große Steigerung des absoluten weltweiten Primärenergieverbrauches.

Wie wird sich der weltweite Primärenergiebedarf in den nächsten 100 Jahren entwickeln? Um in die – nicht so weit entfernte Zukunft – einen Einblick zu gewähren, erfordert dies Wissen über das zu erwartende Bevölkerungswachstum auf der Erde. Verschiedene Schätzungen für die Zunahme der Weltbevölkerung bis ins nächste Jahrhundert existieren<sup>3</sup>. Ausgehend von einer Weltbevölkerung von angenommenen 11 Milliarden Menschen im Jahr 2121 und einer pro Kopf Energieverbrauchsrate von ca. 5500 W/P (entspricht ungefähr dem pro Kopf Energieverbrauch der Schweiz, einem der energieeffizientesten Länder Europas) können wir einen zukünftigen Primärenergieverbrauch der Menschheit in 2121 von ca. 1900 EJ/a extrapolieren. Dies entspricht einer ca. 1%igen Wachstumsrate im jährlichen

Weltenergieverbrauch. Natürlich setzt diese Berechnung voraus, dass die gesamte Weltbevölkerung einen angemessenen Lebensstandard innerhalb der nächsten 100 Jahre erreicht; ein wünschenswerter Zustand, der jedoch wahrscheinlich von vielen als unrealistisch angesehen wird. Andererseits müssen wir uns fragen, ob es zu verantworten ist, Pläne für die Zukunft zu machen, in denen man davon ausgeht, dass ein beträchtlicher Anteil der Menschheit weiterhin in Armut leben muss.

Nun, Tatsache ist, dass der Löwenanteil des Weltenergiebedarfs heute dadurch gedeckt wird, indem man gewaltige Mengen an Kohle, Öl und Gas auf kontrollierte Weise in Brand setzt!

*Bedarf an  
Land, Rohstoffen und  
Energie steigt*

Und wie in der Einleitung angedeutet, ist der aus der globalen Erwärmung entstehende Klimawandel lediglich ein Aspekt der Gesamtproblematik – neben der Verschmutzung der Luft, des Bodens und des Wassers, dem Schwinden der Fossilbrennstoffe sowie den geopolitischen Fragen und Spannungen, welche aus Kämpfen – bis hin zu kriegerischen Auseinandersetzungen – resultieren, die das Ziel verfolgen, die Macht über diese sehr begrenzten Ressourcen zu erringen bzw. zu behalten. Neben dem hier erläuterten Problem des gesteigerten Energiebedarfs wirft der Bedarf an Land, Rohstoffen, Lebensmittel und Wasser ähnliche und verwandte Probleme auf. Bedenkt man den täglichen Kampf, welcher bestritten wird, um den heutigen Energiebedarf zu decken, benötigt man keine allzu große Vorstellungskraft, um zu erkennen, dass die Deckung des Energiebedarfs im Jahre 2121 einige Probleme mit sich bringen wird.

Wenn wir auch erkennen, dass dieser Energiebedarf auf nachhaltige Weise nicht zu bewältigen ist, von welchem Energiebedarf pro Kopf sollten wir dann bei unseren Überlegungen zur Gestaltung der Zukunft ausgehen? Wenn wir eine dezentrale gebäude- bzw. stadtintegrierte Energieerzeugung durch erneuerbare Quellen zugrunde legen, welche – an einem mitteleuropäischen Standort – einen auf Fossilbrennstoff basierten Energiebedarf von ca. 300 kWh/m<sup>2</sup>a in der Lage ist zu ersetzen, und wir davon ausgehen, dass im Jahr 2121 die überwiegende Mehrheit der Menschheit in Städten lebt und diese Städte so entwickelt werden, dass sie eine Bevölkerungsdichte von ca. 15.000 Einwohnern pro km<sup>2</sup> aufweisen (laut neuesten Forschungsergebnissen liegt die optimale Dichte aus energetischer Sicht in diesem Bereich<sup>4</sup> – zum Vergleich weist die Stadt Wien heute eine Dichte von ca. 4.000 auf), ergibt sich ein deckbarer Energiebedarf von ca. 2.300 W/P, welcher annähernd dem heutigen weltweiten durchschnittlichen Energiebedarf pro Kopf entspricht.

Mit einem einfachen Modell des heutigen gesamtenergetischen Systems in Österreich kann anhand der Änderung entsprechender Parameter leicht gezeigt werden, dass mittels bloßer Optimierung der bestehenden Strukturen bzw. Implementierung der in der öffentlichen Diskussion vorgebrachten Strategien eine Reduzierung der heutigen Kennzahl von über 5.000 W/P auf 2300 W/P nicht zu erreichen ist. Es wird deutlich, dass, um eine tatsächlich nachhaltige Entwicklung zu vollziehen, eine radikale Neustrukturierung der physischen Infrastruktur unserer Gesellschaft notwendig ist. In unserem Forschungsprojekt „Stadt der Zukunft“ untersuchen wir unterschiedliche Modelle für zukünftige Städte, basierend auf räumlicher und zeitlicher Verdichtung, dezentralisierter, auf erneuerbaren Energiequellen basierter Energieproduktion und vertikaler Stadtintegrierter Landwirtschaft. Die Stadt wird dabei als ein System verstanden, das aus den verschiedensten miteinander vernetzten und verbundenen Elementen besteht und ein spezifisches bestimmtes Verhalten hervorruft. Dieses System der Stadt gilt es auf ganzheitliche Weise zu erfassen und dabei den Fokus auf die nichtlinearen Prozesse von Ursache und Wirkung zu legen.

Städtische Dichte stellt einen Schlüsselaspekt bei all diesen Überlegungen dar, und wir arbeiten aktuell an Studien zur Determinierung des optimalen Grades der städtischen Dichte aus energetischer Sicht. Die bisherigen Ergebnisse zeigen deutlich, dass der Parameter der Energieerzeugung mittels regenerativer Energiequellen und die dafür erforderlichen Landflächen eine erhebliche Rolle dabei spielen und dass die Integration dieser Energieproduktionsflächen in die Oberflächen von Gebäuden wiederum die Bestimmung der optimalen Dichte stark beeinflusst. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass zukunftsfähiger Städtebau eindeutig in Richtung hochverdichteter Stadtstrukturen tendiert.

Neben räumlicher Verdichtung müssen Strategien zur zeitlichen und digitalen Verdichtung berücksichtigt werden. Wir haben in einem Forschungsprojekt den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Formen der Telearbeit und der Gesamtenergieeffizienz in der Gesellschaft untersucht<sup>5</sup>. Die Einführung neuer Arbeitsformen hat in den letzten Jahren zweifellos den Energieverbrauch erhöht. Dennoch ist ein Potenzial vorhanden, diese Technologien zu verwenden, um radikale neue Gebäudetypologien und Verkehrssysteme zu generieren, mit dem Ziel, die Gesamtenergieeffizienz zu erhöhen. Für die Untersuchungen wurden nicht die energetischen Strukturen von Gebäuden oder einer Stadt abgebildet, sondern die energetischen Strukturen typischer Dienstleistungsunternehmen. Im Zuge

der Forschung haben wir eine neue Einheit für den Auslastungsgrad des Gebäudebestandes abgeleitet;  $m^3h$ , ein Produkt von Raum und Zeit. Die Ergebnisse zeigen, dass durch konsequente Umsetzung unterschiedlicher Telearbeitsmodelle ein energetisches Einsparungspotenzial von ca. 25 % auf Unternehmensebene erzielbar ist.

*Die Energieperformance wird maximiert*

Bei sämtlichen Überlegungen ist ein zentraler Aspekt das Verständnis des Begriffes der Energieeffizienz bzw. Energieperformance. Dieser Begriff wird leider heute im Bereich des Bauwesens häufig missverstanden und die Senkung des Energiebedarfs mit der Erhöhung von Energieeffizienz verwechselt. Dabei stellt Energieeffizienz das Verhältnis zwischen Output (Nutzen) und Input (Ressourcen) dar. Es geht darum, welchen Nutzen man aus der „verbrauchten“ Energie zieht. Im Zusammenhang mit der klimatischen Performance von Gebäuden ist die Energieeffizienz als Verhältnis zwischen der Qualität des Raumklimas und der Quantität des Energiebedarfs zu begreifen<sup>6</sup>. Vereinfacht gesagt, es geht bei unseren Überlegungen zur Zukunft nicht nur darum, den Energiebedarf zu minimieren, sondern die Energieperformance zu maximieren.

Auf der Suche nach Antworten für die auf uns zukommenden Anforderungen und Strategien für eine räumliche, zeitliche und digitale Verdichtung werden in unserem Forschungsprojekt „Hyper-Building-City“ Gebäudetypologien für vertikale Strukturen entwickelt, die alle notwendigen infrastrukturellen Elemente einer Gesellschaft, einschließlich industrieller und landwirtschaftlicher Nutzungen, Nahrungsmittelproduktion, Energieerzeugung etc., abdecken. Diese so genannten Hyperbuildings sind nicht als Solitäre zu verstehen, sondern sind einzelne Zellen eines komplexen Stadtmodells. Jede Zelle hat prinzipiell die Fähigkeit, autark, also für sich selbst, zu funktionieren. Werden diese jedoch miteinander verbunden, so kommt es zu wechselseitigen Synergieeffekten, sodass das Ganze mehr als die Summe seiner Teile ist. Das Hyperbuildingkonzept sieht Strukturen vor, die urbane Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte ähnlich der von Manhattan aufweisen, jedoch keine externe Energie- und Wasserversorgung benötigen, keinen Müll produzieren, kein  $CO_2$  emittieren und nur auf geringe oder gar keine externe Nahrungsmittelversorgung angewiesen sind. Wohn-, Büro- und Industrienutzung koexistieren mit Parks und Flächen für Landwirtschaft, Biomasse und Energieerzeugung. Im gesamten Kontext entsteht eine dreidimensionale Stadtstruktur, die Urbanität, Natur, Dichte und Vielfalt aufweist und eine erhebliche Verbesserung der Lebensqualität, verglichen mit den heutigen Städten, bietet.



Der städtebauliche Entwurf muss räumlicher und dreidimensionaler begriffen werden, als dies bisher der Fall war. Erschließungswege, Verkehrssysteme und öffentliche Räume müssen nicht auf die Ebene des natürlichen Bodens beschränkt bleiben. Unterschiedliche Ebenen, welche sich auf verschiedenen Höhen in einer dreidimensionalen Anordnung verteilen und eine optimale Verschmelzung von öffentlichem Geschehen und Privatleben ermöglichen, sind denkbar. Das Bestreben nach Optimierung der städtischen Dichte kann zu völlig neuen Qualitäten urbanen Lebens führen und diese Überlegungen sind nicht auf Entwicklungen neuer Städte in China und Indien begrenzt. Mit dem Wissen, dass im Laufe der nächsten 100 Jahre die bestehenden europäischen Städte – auch bei einem Szenario, bei dem wir mehr oder weniger wie bisher weitermachen – einem drastischen Wandel aufgrund kontinuierlicher Verbesserungsmaßnahmen und laufender Sanierungen unterworfen sein werden, ist es dringend notwendig, auch für jede europäische Stadt einen Masterplan, gemeinsam mit einer Vision der Stadt in 100 Jahren, zu entwickeln. Warum? Weil jede künftige Intervention in diesem Zeitraum, jeder Neubau und jedes sanierte Bestandsgebäude heute ein Fragment der „Stadt der Zukunft“ ist.

#### Quellen:

- [1] <http://0cn.de/1oie>
- [2] <http://0cn.de/40kh>
- [3] <http://0cn.de/8s42>
- [4] Löschnig W.: Endlich dicht – Finitely Dense, Graz Architecture Magazine 2012; 8: 142-151.
- [5] Cody B. et al.: Telearbeit und Energieeffizienz. Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Telearbeit und der Gesamtenergieeffizienz der Gesellschaft (2011).
- [6] Building Energy and Environmental Performance Tool BEEP, Development of a method to determine the true energy efficiency of buildings, Conference Proceedings, 9th REHVA World Congress Clima 2007, Helsinki.