

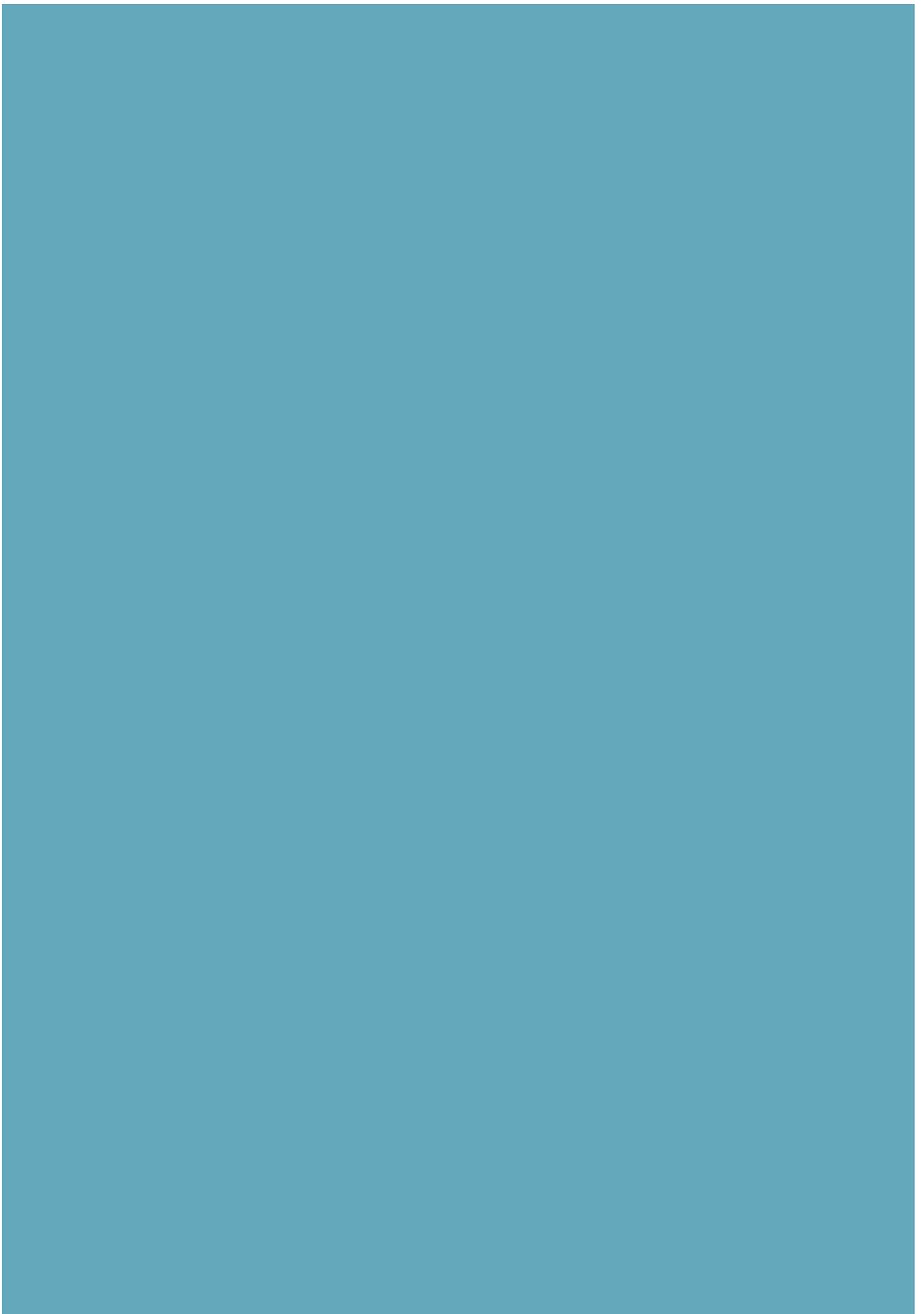
**Nicolas Binsfeld**

Lycée Ermesinde 4C3 | 2022 - 2023

Tuteur: Nicolas Aschman

# STÄDTE IM KLIMAWANDEL





„Städte sind die Orte, an denen der Kampf für nachhaltige Entwicklung gewonnen oder verloren wird.“

Ban Ki-Moon  
UN – Generalsekretär (2007-2016)



## Vorwort

Ich habe das Thema „Städte im Klimawandel“ gewählt, weil es sehr aktuell ist, und es mich interessierte zu wissen, welche Innovationen und Techniken die Wissenschaftler, Architekten und Städteplaner momentan erforschen und anwenden, um Städte klimaneutral zu machen, und um sie gleichzeitig vor den Gefahren des Klimawandels zu schützen.

Ich habe mir verschiedene Konzepte und Projekte näher angeschaut, um zu verstehen, welchen Beitrag die Städte leisten können, um zu helfen, das Ziel der Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5°C zu erreichen.

Welche Herausforderungen haben die Städte zu meistern auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung? Welche Maßnahmen und Änderungen können die Städte vornehmen, um gegen den Klimawandel und seine Folgen anzukämpfen?

Ich habe im Laufe der Arbeit ein Praktikum im Architektenbüro „BFF - Beiler Fritsch François“ absolviert, um zu erfahren, wie diese Fragen sich konkret im professionellen Alltag zeigen.



## Stadt und Klima

Vor 10-15 Tausend Jahren begannen Jäger und Sammler sesshaft zu werden, um gezielt ihre Nahrung anzubauen und Landwirtschaft zu treiben. Die Landwirtschaft wurde so effizient, und es konnte so viel Nahrung produziert werden, dass die Bevölkerung wuchs. Das brachte die Menschen dazu, immer mehr Dörfer und Städte zu bauen.

Städte wurden nach und nach zu Metropolen der Kultur, der Religionen, der Politik, des Wissens und des Handels. Durch den Handel konnten die Zivilisationen sich ausbreiten. Die erste Demokratie wurde in einer Stadt gegründet, Athen.

Die Städte hatten mit den wachsenden Bevölkerungszahlen, zunehmend einen großen Bedarf an Ressourcen, Nahrung, Holz und Energie, die von außen eingeführt werden mussten. Dies hat in der Geschichte der Menschheit mehrfach zu lokalen und regionalen Klimakatastrophen geführt. Durch einen immer grösser werdenden Bedarf an Bau- und Brennholz, sowie an landwirtschaftlich nutzbaren Flächen, kam es immer wieder zur massiven Abholzung von Wäldern. In der Kombination mit lang andauernden Dürreperioden konnte dies, durch Hungersnöte dazu führen, und dass ganze Zivilisationen zerstört wurden.

Eine der Zivilisationen, die auf diese Weise ausstarb, war die der Mayas. Dies passierte, als kriegsbedingt immer mehr Menschen in Städte flüchten mussten. Die Bevölkerung dieser Städte, wie zum Beispiel Tikal stieg vermutlich von etwa 60- bis 80.000 auf rund 200.000 Menschen an. Die dabei entstandene Überbevölkerung führte zu gravierenden Problemen für die Umwelt. Die Menschen mussten große Teile der Wälder abholzen, was zu Bodenerosion führte, und das in einer Gegend, wo die Böden bereits ziemlich abgetragen waren. Dazu kam ein anderer Faktor, der zum Untergang der Mayas führte, und zwar die Dürre. Die Mayas waren zwar mit ihren Aquädukten eine sehr entwickelte Zivilisation, wenn es um die Bewässerung der Felder ging, doch dauerten die Dürreperioden, die zwischen den Jahren 800 und 1100 stattfanden, einfach zu lange, teilweise bis zu 40 und 100 Jahren.

Der rasante Wuchs der Bevölkerung führte dazu, dass die Bedürfnisse und die Kapazitäten der Natur nicht mehr übereinstimmten.



Die Stadt Tikal der Mayas

Heute lebt und arbeitet mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten, das entspricht rund 4 Milliarden Menschen. Bis 2050 wird die städtische Bevölkerung voraussichtlich um weitere 2,5 bis 3 Milliarden wachsen, was zwischen 64% bis 69% der Weltbevölkerung entsprechen wird.

Es besteht kein Zweifel, dass wir uns im Zeitalter der Urbanisierung befinden. Gleichzeitig befinden wir uns aber auch im Zeitalter des Klimawandels mit der Bedrohung einer globalen Klimakatastrophe und den damit verbundenen Risiken für unsere globale Zivilisation.

Städte tragen erheblich zum Klimawandel bei, und sie sind besonders von seinen Folgen betroffen. Sie sind als Verursacher und als Orte der Emissionen der Treibhausgase einerseits massiv am Klimawandel beteiligt, andererseits sind die Stadtbewohner selbst sehr stark von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Städte liegen häufig an Küsten, Flüssen, Flussdeltas oder Berghängen, so dass Schäden durch Naturereignisse dort besonders hoch ausfallen. Steigende Temperaturen werden in urbanen Räumen mit viel Beton und Asphalt stärker spürbar. Auch der Meeresspiegel wird in Zukunft ansteigen und so die Städte und Häfen in Gefahr bringen. Daher müssen die Städte besonders an der Reduzierung der Ursachen des Klimawandels mitwirken. Gleichzeitig müssen sie dafür sorgen, dass die Menschen und die städtische Infrastruktur nicht durch die Auswirkungen zu Schaden kommen.

Die Städte tragen also klimapolitisch eine besondere Verantwortung, und sie befinden sich in einer Schlüsselstellung. Heute werden in Städten etwa 70-75% der global erzeugten Energie und Ressourcen verbraucht und rund 70-80% der CO<sub>2</sub> Emissionen ausgestoßen, obwohl sie nur 3% der Erdoberfläche ausmachen. Es stellt sich also die Frage, wie die Stadt der Zukunft gestaltet werden kann, damit sie klimaneutral wird. Eine nachhaltige Städteplanung kann die Folgen des Klimawandels abmildern.

Architekten und Städteplaner stehen vor großen Herausforderungen. Werden sie es schaffen, sowohl baulich wie städteplanerisch, effiziente Antworten auf die Erderwärmung und den Klimawandel zu finden?

## Schlüsselstellung der Städte beim Kampf gegen den Klimawandel

Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), auch Weltklimarat genannt, ist von zentraler Bedeutung für die Erforschung der Ursachen und Folgen des Klimawandels. Die Arbeit des IPCC ist in drei Arbeitsgruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe erforscht die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels, die zweite analysiert die Auswirkungen und Möglichkeiten der Anpassung an den Klimawandel und die dritte Gruppe arbeitet an der Verminderung des Klimawandels durch die Reduktion von Emissionen. Die Ursachen für den Klimawandel sind, nach den Berichten des Weltklimarates, die Treibhausgase, die der Mensch in die Atmosphäre ausstößt. Die schädlichsten dieser Gase sind Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), und Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Fluor-F-Gase. CO<sub>2</sub> macht den größten Anteil der Treibhausgase aus und entsteht hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe.

Der IPCC Weltklimabericht betont die Bedeutung, dass die Erderwärmung nicht über 1,5°C hinausgehen sollte, da oberhalb dieses Wertes die Auswirkungen auf Mensch, Natur und Umwelt immer extremer werden.

Der IPCC Sonderbericht zur 1,5°C globalen Erwärmung weist der nachhaltigen Stadtentwicklung eine besonders hohe Bedeutung zu. Städte brauchen daher neue Ideen und Lösungen, die dieser Aufgabe gerecht werden.

Viele Städte sind bereits heute beim Klima- und Ressourcenschutz sehr aktiv, und sie nutzen verschiedene Konzepte, um das Ziel der klimaneutralen Stadt zu erreichen. In dieser Zeit sind vor allem Innovationen gefragt, um die traditionelle Art und Weise des Bauens des 20sten Jahrhunderts zu ersetzen.

Viele dieser Städte haben sich bereits in Netzwerken zusammengeschlossen, um untereinander Erfahrungen und Informationen über Klimaschutzmaßnahmen auszutauschen und um zusammenzuarbeiten. So gibt es zum Beispiel das C40 Netzwerk und das 100RC (Resilient Cities) Netzwerk. C40 verbindet weltweit 97 der größten Städte der Welt, in denen über 700 Millionen Menschen leben und die ein Viertel der Weltwirtschaft ausmachen. Sie verpflichten sich, ihre Stadt so zu planen, dass sie die Klimaziele des Pariser Abkommens von 2015 erreichen und die Luft von Schadstoffen frei machen. Das Netzwerk 100RC unterstützt Städte darin, ihre Resilienz gegenüber des Klimawandels zu verstärken. In beiden Netzwerken werden der Wissensaustausch und die Kooperation untereinander gefördert.

## Urbane Hitzeinseln und Begrünung

Städte heizen schneller auf als Dörfer auf dem Land. Die Sonne gibt konstant 1367 W/ an die äußere Atmosphäre der Erde ab. Dieser Wert wird Solarkonstante genannt. Davon kommen rund 1000 W/ an der Erdoberfläche an. Auf dem Land treffen die Sonnenstrahlen auf Seen, Bäume, Wiesen, Felder und Pflanzen und werden wieder reflektiert. In den Städten ist dies jedoch nicht der Fall, denn da treffen sie hauptsächlich auf Gebäude und Straßenoberflächen. Dächer oder Straßen absorbieren die Hitze und speichern diese. Grund dafür sind die Materialien, die man für den Bau von Straßen und Gebäuden benutzt, wie etwa Beton, Asphalt oder Steine. Dieses Phänomen nennt man „urbane Hitzeinseln“. Im Zentrum Londons ist es beispielsweise 6°C wärmer als in umliegenden Bezirken.

Die aus dieser Erhitzung der Städte entstehenden Hitzewellen sind besonders gefährlich und verantwortlich für viele Todesopfer. Immer wieder kommt es vor, dass Menschen Hitzeschläge erleiden, da der Körper sich nicht mehr abkühlen kann, was dazu führt, dass das zentrale Nervensystem nicht mehr funktioniert und Organe versagen. Das Risiko wird erhöht, wenn die Luftfeuchtigkeit sehr hoch ist und man so nicht mehr effizient schwitzen kann.

Im Sommer 2022 sind in Deutschland etwa 4500 Menschen an den Folgen von Hitze gestorben. Europaweit wurde in den Monaten Juni bis August eine Übersterblichkeit von 107.000 Menschen registriert und mit den steigenden Temperaturen wird dies immer schlimmer.

Was diese „Hitzeinseln“ in Städten gefährlich macht, ist dass es in der Nacht nicht abkühlt, weil die tagsüber gespeicherte Hitze in der Nacht wieder freigegeben wird. Schuld daran sind Materialien, wie Beton oder Asphalt, die Hitze speichern, und diese dann in der Nacht wieder freigeben. Wenn es in der Nacht über 30°C ist- was der Temperatur der Haut entspricht- kann der Körper sich nicht abkühlen.

Wegen der Hitze werden in den Gebäuden Klimaanlage benutzt, um diese abzukühlen. Doch Klimaanlage brauchen viel Energie und sie sind verantwortlich für viele CO<sub>2</sub> Emissionen. 6% der Elektrizität, die in den USA produziert wird, wird für Klimaanlage benutzt. Als Konsequenz werden dadurch 117 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> freigesetzt. Das heißt, wir kühlen, weil es wärmer wird, doch es wird wärmer, weil wir kühlen.

Es fehlt den Städten an Frischluftschneisen und an Grünflächen. Grünflächen sorgen nämlich dafür, dass die Hitze nicht absorbiert wird. Man braucht also Pflanzen und Bäume an Straßen, Fassaden und an Dächern. Einige berühmte Gebäude, die dies tun, sind der „Bosco Verticale“ in Milan, der „Agora Garden“ in Taiwan oder das „Oasia Hotel Downtown“ in Singapur. Das „Oasia Downtown“ hat ein „Green Plot Ration“ von 1100%. Das bedeutet, dass auf dem Gebäude 10-mal mehr Pflanzen wachsen, als aufgrund des Baus verloren gingen.

Pflanzen an Fassaden helfen gegen die Hitzeinseln und kühlen die Umgebung. Bäume sind die perfekte Klimaanlage für den städtischen Raum.

Sie bieten Schatten und kühlen die Luft, dank eines Prozesses namens „Evapotranspiration“. Der Baum nimmt Wasser aus dem Boden mithilfe der Wurzeln auf, dieses Wasser wird durch den Baum weitergeleitet, und der Rest des Wassers, welches nicht vom Baum gebraucht wird, wird über die Blätter verdunstet. Auf diese Weise wird die Luft gekühlt. Außerdem filtern und reinigen sie gleichzeitig auch die Luft, was in Städten mit Luftverschmutzung sehr wichtig ist.

Es ist zudem bewiesen, dass Bäume und Pflanzen der mentalen Gesundheit helfen. Menschen, die an Orten leben, an denen es Pflanzen und Bäume gibt, fühlen sich generell weniger gestresst und haben weniger negative Gedanken.

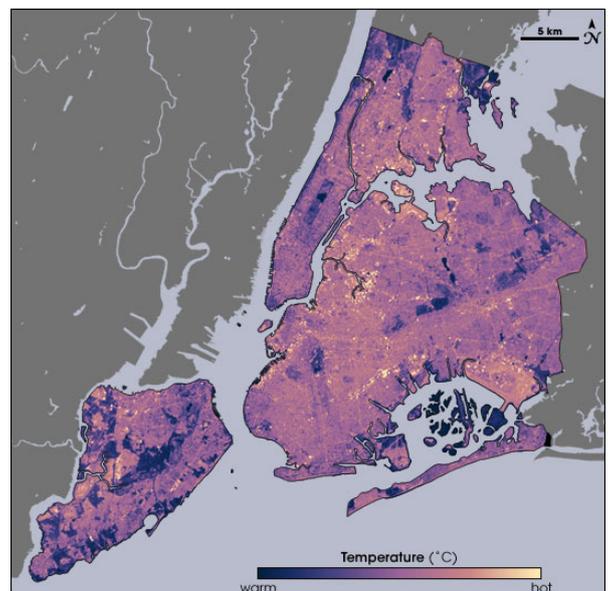
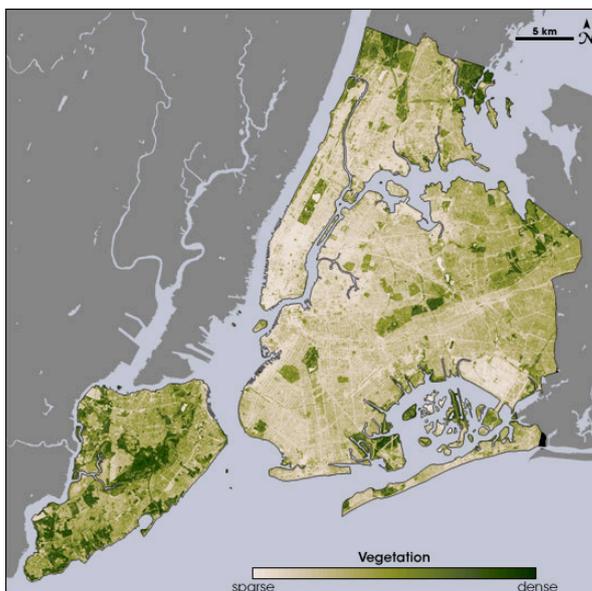
Die Stadt Basel hat eine klare Haltung zu begrünten Dächern. Seit 2002 muss dem Baugesetz gemäß jedes neue oder sanierte Gebäude mit einem Flachdach ein Gründach haben. Mit diesem Gesetz wollen sie die Temperaturen senken, Energie sparen und die lokale Artenvielfalt erhalten.

Pflanzen an Gebäuden sind allerdings teuer, da es aufwendig ist, sie zu bewässern und in einem gesunden Zustand zu erhalten. Um solche Projekte konsequent durchzusetzen, braucht man automatisierte Bewässerungsanlagen. Es ist fast unmöglich, dass jeder Bewohner des Gebäudes die Pflanzen auf seiner Terrasse gut unterhält. Diese Bewässerungsanlagen kosten Geld, und nicht jeder Bewohner in einem Mehrfamilienhaus ist bereit, dieses auszugeben. Man braucht also eine finanzielle Hilfe vom Staat. Außerdem müssen diese Projekte auch gründlich durchgeführt werden, damit es keine zusätzliche Brandgefahr, etwa durch verdorrte Pflanzen, gibt.

Pflanzen in Städten bringen sehr viele Vorteile mit sich: Sie helfen unseren Städten dabei, an Resilienz zu gewinnen. Es ist ein einfacher und sehr effizienter Weg, unsere Städte abzukühlen- dabei werden Luft und negative Gefühle gefiltert.

Links:  
Karte der Begrünung

Rechts:  
Karte der Hitze in New York,  
man erkennt den Zusammenhang deutlich





Das Gebäude  
Bosco Verticale in Milan



Bäume bieten Schatten  
und kühlen den Platz



Agora Garden in Taiwan



Das Oasia Downtown  
in Singapur

## Das Schwammstadtprinzip

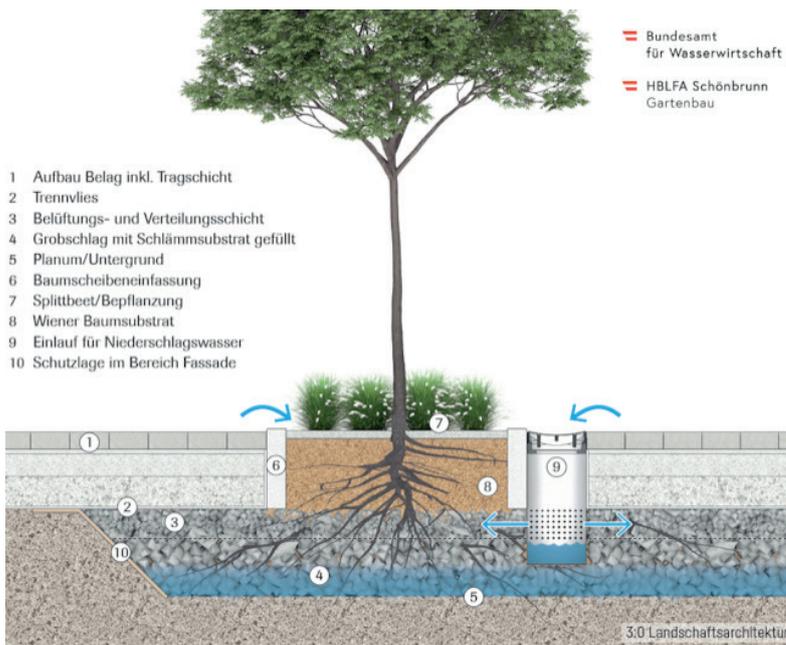
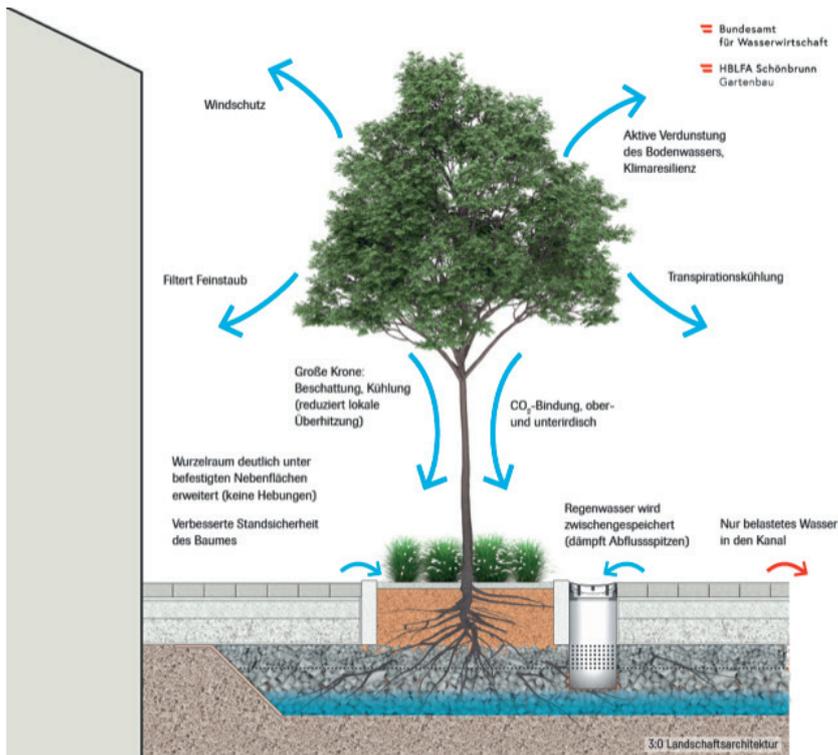
Eine der größten Gefahren für Städte sind Hochwasser und Überschwemmungen durch Starkregen. Die Kanalisation kann in dieser Situation die Wassermassen nicht mehr fassen, und durch die Versiegelung können die Böden kaum etwas aufnehmen. In kurzer Zeit laufen die Straßen und Keller voll. Die Städte müssen also umdenken und sich auf diese Situationen einstellen. Wirksame Gegenmittel sind vor allem mehr Bäume, Grünflächen und Parks im öffentlichen Raum, sowie die Begrünung von Dächern und Straßen. Es muss also zu einer „Entsiegelung“ der Böden kommen.

Im Hochwasserschutz gibt es das Konzept der Schwammstädte. Eine „Schwammstadt“ oder „durchlässige Stadt“ bezeichnet städtische Gebiete, die so gestaltet sind, dass sie Klimaschocks standhalten können. Es sind Gebiete mit Bäumen, Seen, Parks oder vielen anderen Vorrichtungen, die in der Lage sind, Regen aufzusaugen, sodass wir Überschwemmungen, wie die, die im Juli 2021 hier in Luxemburg und im Ausland stattfanden, verhindern können.

Schwammstädte nutzen ihre natürlichen Ressourcen, um Wasser aufzusaugen und es langsamer in Seen und Flüsse abzugeben. Wenn es plötzlich regnet, können Beton und Straßen das Wasser nicht schnell genug ableiten, aber wenn es in Städten Erde mit Bäumen gibt, wird das Wasser absorbiert, gespeichert und dann in Seen abgeleitet. Damit die Bäume genug Platz für ihre Wurzeln haben, kann man unter den Straßen etwas Platz lassen, wodurch das Wasser dort auch gespeichert und von den Bäumen zum Wachsen genutzt werden kann. Auf diese Weise werden Überschwemmungen vermieden. Wenn es nach viel Regen eine Dürrezeit gibt, können die Pflanzen und Bäume, das gespeicherte Wasser wiederaufnehmen, und so sind sie nicht völlig vom Wetter abhängig.

Ein wichtiges Element für Schwammstädte sind Dächer. Dicht bepflanzte Dächer können bis zur Hälfte des Regens absorbieren. Dann verdunsten die Pflanzen das Wasser. Außerdem sind begrünte Dächer besser, um zu verhindern, dass sie Hitze von der Sonne einfangen. Allerdings haben begrünte Dächer bereits Solarzellen als Konkurrenz.

In Deutschland ist Rummelsburg, ein Stadtviertel von Berlin, ein Beispiel in großem Maßstab. Der fallende Regen wird hier von Erdschichten aufgesaugt und das Wasser von Pflanzen und Bäumen genutzt. Dann verdunsten die Pflanzen und Bäume das Wasser und dienen als Klimaanlage, indem sie die Umgebung abkühlen. Auch in Skandinavien gibt es viele Städte, die das Prinzip der Schwammstadt anwenden.



## 15 Minuten Städte

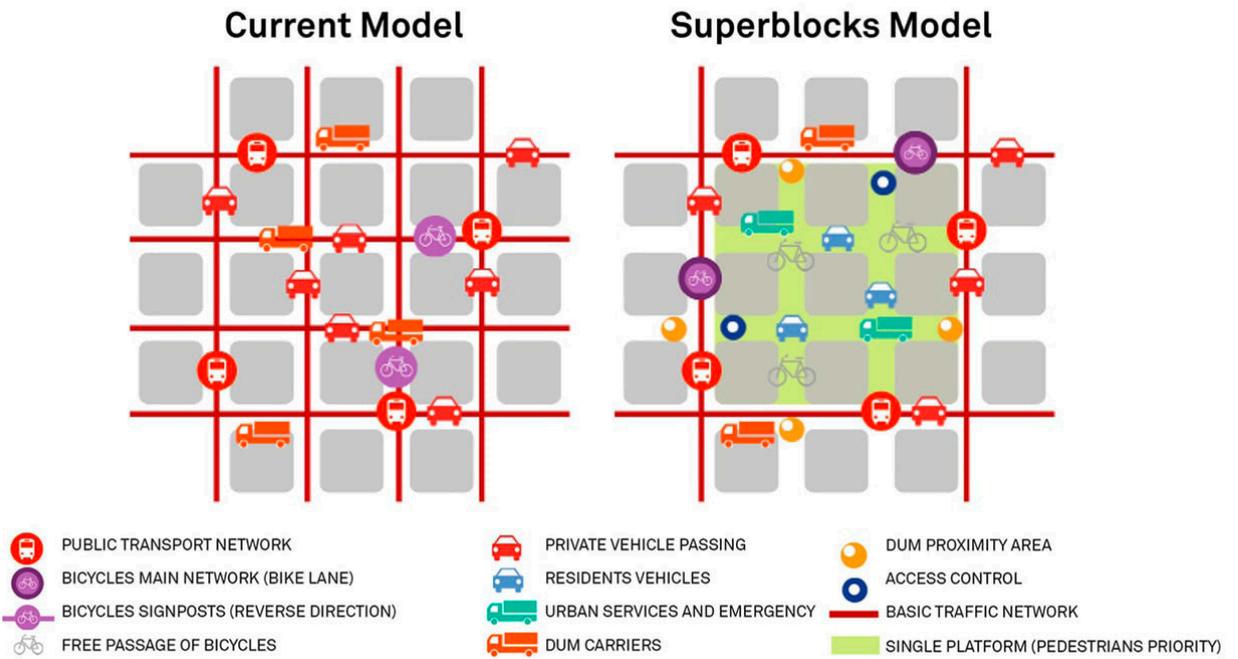
Der Verkehr ist für 27% der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich und die Hauptursache für Luftverschmutzung. Laut der Weltgesundheitsorganisation leben 9 von 10 Menschen in einem Umfeld mit ungesunder Luftqualität. Ungesunde Luftqualität, die zu schweren Krankheiten führen kann. Ein Drittel der Treibhausgasemissionen in großen Städten stammt vom Verkehr. Veränderungen in diesem Bereich sind also dringend und Alternativen werden gefragt.

Man muss Fußgänger anstelle von Autos priorisieren. Einige Städte, wie beispielsweise Paris, Seoul, Barcelona und Kopenhagen entwickeln sich bereits auf eine Weise, die nachhaltige Fortbewegung fördert. In Barcelona wurde 2016 der erste Superblock eingeführt. Solche Superblocks beziehen sich auf eine Ansammlung von Stadtblöcken, in denen der Verkehr fast völlig lahmgelegt wird, und die öffentlichen Räume können zu Grün- und Erholungsflächen für Bewohner und Touristen werden. Für Autos, die trotzdem den Block durchqueren müssen, ist die Geschwindigkeit auf 10 km/h limitiert und sie müssen den Fußgängern weichen.

Das Ziel der 15 Minuten Stadt ist es, dass Bewohner der Stadt über alles Notwendige in einer Distanz von maximal 15 Minuten Gehzeit, mit dem Fahrrad oder mit dem öffentlichen Transport verfügen. Dieses Prinzip wird in solchen Superblöcken implementiert. Man verhindert dadurch, dass man unnötigerweise ins Auto steigt. Wenn man beispielsweise mehrmals die Woche einkaufen fährt, werden Treibhausgase und Stoffe, die Luftverschmutzung fördern, freigesetzt. Hinzu kommt, dass Autofahren gefährlich ist, sowohl für die Fahrer als auch für die Fußgänger. Wenn jeder zu Fuß geht, hat man diese Gefahren und Probleme nicht.

Damit dieses Konzept funktioniert, muss man sich an einige Richtlinien halten. Gehen sollte attraktiver und barrierefreier werden: Gehwege müssen breiter, gepflegter, gut verbunden und für jeden sicher sein.

# SUPERBLOCKS MODEL

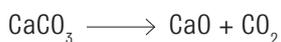


Ein „Shared Space“, der Fußgänger und Radfahrer priorisiert

## Beton, ein Klimasünder

Beton ist das meistbenutzte Baumaterial auf der Erde. Dies hat seine Gründe. Beton ist sehr praktisch, da es feuerresistent ist, nicht rostet, es stabil und relativ einfach zu produzieren ist. Es ist mit Sicherheit eines der wichtigsten Materialien des 20sten Jahrhunderts. Allerdings wird einem allmählich bewusst, dass Beton nicht ganz unproblematisch ist. Beton und der dafür mitbenutzte Stahl haben aber einen großen Nachteil: Sie werden aus Rohstoffen gewonnen, die wir der Erdkruste entnehmen und deren Vorrat nicht ewig reichen wird. Man braucht Zement, Wasser, Kies und Sand. Denkt man, dass es genug Sand gibt - wenn man an alle Wüsten denkt - so irrt man sich jedoch. Es wird nämlich eine bestimmte Art Sand gebraucht, welche nur von Stränden, Kiesgruben und Flüssen genommen werden kann. Die Sandkörner, die man in der Wüste findet, sind zu rund und glatt. Seit einiger Zeit steht Beton aber auch aus anderen Gründen unter Kritik. Bei der Herstellung wird nämlich sehr viel CO<sub>2</sub> freigesetzt. 8% der CO<sub>2</sub> Emissionen kommen von Beton. Ein Kubikmeter Stahlbeton emittiert im Durchschnitt 320 bis 340 Kilogramm CO<sub>2</sub>. Das bedeutet, dass bei der Herstellung von einem Kubikmeter Stahlbeton so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, wie 4.000 Bäume in einem Tag umsetzen können. Laut dem Weltklimarat gehen 3 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich allein auf die Produktion von Zement zurück.

Es sind hauptsächlich zwei Prozesse, die bei der Herstellung von Zement für die CO<sub>2</sub> Emissionen verantwortlich sind: Die Beheizung des Drehrohrofens und der chemische Prozess, bei dem bei Temperaturen von 1.450 Grad Celsius aus dem Kalziumkarbonat des Kalksteins unter Kohlenstoffdioxidabspaltung Kalziumoxid entsteht.



Dieser chemische Prozess ist verantwortlich für etwa 60% der CO<sub>2</sub> Emissionen, die bei der Produktion freigesetzt werden.

Es müssen also dringend zwei Ziele erreicht werden, und zwar, dass auf der einen Seite bei der Herstellung von Beton weniger CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, und dass vor allem viel weniger Beton als Baumaterial benutzt wird und durch andere Baumaterialien ersetzt wird.

Forscher der Universität Tokyo haben ein Kalziumkarbonat Beton entwickelt. Das Material wird aus Altbeton und CO<sub>2</sub> hergestellt. Das Konzept besteht darin, das Kalzium aus altem Beton zu gewinnen, der sonst im Abfall landen würde. Das Material wird mit Kohlendioxid aus Industrieabgasen oder aus der Luft kombiniert. Dieser Prozess kann bei niedrigeren Temperaturen gemacht werden, so dass man weniger Energie dafür braucht. Der neuartige Kalziumkarbonat Beton ist sehr fest und lässt sich gut als Baumaterial nutzen. Er kann jedoch nur für kleinere Bauten benutzt werden, weil er noch nicht die Belastbarkeit von echtem Beton erreicht. Die Hoffnung besteht aber, dass in den nächsten Jahren die Festigkeit weiter erhöht werden kann und der Energieverbrauch im Produktionsprozess weiter gesenkt werden kann. Dann könnte CO<sub>2</sub> neutraler Kalziumkarbonat Beton sich durchsetzen.

Forscher der technischen Universität Dresden haben weltweit das erste Haus namens „Cube“ aus Carbonbeton entwickelt, welches 2022 fertig gestellt wurde. Bei dieser Betonalternative wird der Stahl, der die Festigkeit gibt, durch Stäbe aus Kohlenstofffasern, „Karbonfasern“, ersetzt. Diese Karbonfasern haben mehrere Vorteile, da sie leichter als Stahl, aber trotzdem fester sind. Dadurch können die Bauteile aus Beton schlanker gefertigt werden. Mit diesem Verfahren können mehr als 50% des Betonverbrauchs eingespart werden, was die CO<sub>2</sub> Emissionen deutlich senkt.

Des Weiteren testen Forscher der Empa (das interdisziplinäre Forschungsinstitut der ETH im Bereich Materialwissenschaften und Technologieentwicklung) einen neuen Zusatzstoff, mit dem man die CO<sub>2</sub> Emissionen bei der Herstellung von Beton deutlich senken kann. Und zwar bleibt beim Recycling von Edelmetallen, wie Gold, Silber, Platin, Indium und Gallium aus dem Schrott von Elektronik-, Elektro- und Haushaltsgeräten eine Schlacke übrig, die viel Eisen enthält. Damit kann man 20% bis 30% des Zements ersetzen. In Zukunft werden immer mehr alte Smartphones, Computer und andere Geräte recycelt, so dass auch dieser Rohstoff in größeren Mengen hergestellt werden kann und das in Ländern, die viel Beton benötigen.



Das Haus namens „Cube“, für welches Carbonbeton benutzt wurde

## Holz - Zurück in die Zukunft

Da Beton heute als Klimasünder angesehen ist, müssen alternative Baumaterialien in Zukunft vermehrt benutzt werden. Wissenschaftler und Klimaaktivisten setzen sich dafür ein, dass im Namen des Klimaschutzes auf Holz anstelle von Stahl und Beton gesetzt wird.

Holz ist ein Rohstoff, der seit dem Anfang der Menschheit benutzt wird, unter anderem um Häuser, Gebäude und Städte zu bauen. Genau dieser Rohstoff könnte jetzt helfen, klimaschonender und nachhaltiger zu bauen.

Holz ist zur Zeit der beste Ersatz für Beton. Man könnte denken, dass man in die Vergangenheit zurückgeht, wenn man wieder mit Holz baut. In Wirklichkeit sind die Fortschritte, die im Holzbau gemacht wurden, aber enorm. Das Bauen mit Holz war immer sehr aufwendig, doch heutzutage werden in Fabriken modulare Elemente hergestellt, die sehr einfach mit vorgefertigten Betonfundamenten zusammengesetzt und verbaut werden können. Holz wird Beton zwar nicht komplett ersetzen, aber beide Rohstoffe können sich gut ergänzen, mit dem Resultat, dass viel weniger Beton gebraucht wird.

Ein Holzgebäude kann 400% mehr CO<sub>2</sub> speichern als ein Gebäude aus Beton.

Viele Leute haben Bedenken, was die Sicherheit von Holz betrifft, falls ein Feuer ausbricht, und sie fragen sich, ob es eine gute Idee ist Wälder abzuholzen, um Bauholz zu bekommen. In Wirklichkeit ist ein Gebäude aus Holz nicht unbedingt weniger sicher als eines aus Beton. Gebäude aus Beton brennen nämlich auch. Holzgebäude können, wenn sie gut geplant werden, auf eine voraussichtlichere, berechenbare Weise brennen und dadurch sogar sicherer sein.

Was die Abholzung angeht, so gibt es auch Wege, dies auf eine nachhaltige Art und Weise zu tun. Die Regel ist einfach: Man darf nicht mehr abholzen, als man nachpflanzt. Wenn man richtig abholzt, werden die Bäume gezielt ausgewählt. In verschiedenen Fällen ist es am besten, alte Bäume zu benutzen, da diese nicht mehr so viel CO<sub>2</sub> speichern. Dann ist es besser, neue Bäume zu pflanzen, die beim Wachsen mehr CO<sub>2</sub> speichern können.

In Hamburg wurde das Hochhaus „Roots“, das mit 19 Stockwerken 65 Meter hoch ist, vorwiegend aus Holz gebaut. Bis zum zweiten Stockwerk, sowie die Treppenhauskerne wurden mit Beton gebaut. Das Holz wurde ab dem 3. Stockwerk verwendet. Insgesamt wurden 5.500 Kubikmeter Holz verbaut. Diese 5.500 Kubikmeter wachsen in knapp 25 Minuten in deutschen Wäldern nach.

In Wien wurde das Holzhochhaus „HoHo“, das 84 Meter hoch ist und 24 Stockwerke hat, im Jahr 2019 fertiggestellt. 3.600 Kubikmeter Holz, meist von Fichten aus Österreich, wurden hier verbaut. Über dem Erdgeschoss, wo noch viel Beton nötig war, liegt der Holzanteil bei 75%. Diese Menge an Holz wächst in den Österreichs Wäldern in einer knappen Stunde nach.



Das HoHo Hochhaus in Wien



Links:  
Das „Roots“ Hochhaus  
in Hamburg



Rechts:  
Ein Holzhochhaus namens  
„Rocket & Tigerli“ in den USA



Der Innenraum des  
Hochhauses in den USA

## Die Forschung setzt neue Maßstäbe mit regenerativen Baumaterialien

Forscher der ETH Zürich und der Universität Karlsruhe versuchen, Baumaterialien zu entwickeln, die aus regional nachwachsenden Rohstoffen bestehen. „Wie schön wäre es, könnte man Häuser wachsen lassen und nach Ende ihrer Nutzung die Baustoffe wiederverwerten“, meint Architekt Dirk Hebel, Leiter des Karlsruher Institut of Technology.

Ein Team aus Architekten, Bau- und Bioingenieuren, Material- und Energiewissenschaftlern untersuchen im „Future Cities Laboratory“ den Einsatz regenerativer Materialien in der Architektur.

### Bambus statt Stahl

Begonnen hat man vor einigen Jahren in Singapur mit einem ersten Forschungsbereich rund um den nachwachsenden Rohstoff Bambus, der dort in großen Mengen verfügbar ist. Bambus wurde zum Beispiel im Möbelbau verwendet, aber nicht als tragendes Material. Die Arbeitsgruppe „Alternative Construction Materials“ hat es fertig gebracht, den Bambus-Stahl zu entwickeln. Dieses Kompositmaterial aus Bambusfasern ist eine leichte Alternative zum schweren Metall. Bambus hat eine hohe Zugfestigkeit, d.h. wenn man daran zieht, ist Bambus doppelt bis dreimal so stark wie Stahl. Diese Zugfestigkeit wollen die Forscher nutzen, um aus Bambus eine nachhaltige Alternative zu Stahl herzustellen, eine Art grüner Stahl.

Bambus wächst enorm schnell und bindet dabei große Mengen Kohlendioxid und gilt deshalb als CO<sub>2</sub>-Speicher.

Ein weiterer großer Vorteil ist, dass Bambus in den Gegenden des tropischen Gürtels wächst, in denen geschätzte 90% der zukünftigen Urbanisierung stattfindet, so dass das Baumaterial vor Ort heranwächst und nicht importiert werden muss.

### Müll als Ressource

Ein zweiter Forschungsbereich war die Reaktivierung von Müll als Ressource, der überall in großen Mengen vorkommt. In dem Buch „Building from Waste“ wurden die Resultate vorgestellt, wie zum Beispiel, neue Ziegel aus gemahlenem Bauschutt oder Bausteine aus Plastik oder gepresstem Papier.

## Myzelien, wachsende Bausteine

Ein dritter Zweig der Forschung nach nachwachsenden Baustoffen ist die Herstellung von Bausteinen aus dem Wurzelgeflecht von Pilzen. Aus diesem feinen Geflecht, dem Myzel, lassen sich durch gezieltes Züchten der Pilze leichte, druckfeste Bausteine in verschiedenen Formen produzieren. Dieser Baustoff kann direkt in der Nähe des geplanten Gebäudes herangezüchtet und verbaut werden. „Grow your own House“ wird dieses Konzept in den USA genannt. Der Pilz wird, wie ein biologischer Kleber benutzt. Um Bausteine aus Myzel herzustellen, wird das Pilzgewebe mit Holzspänen oder anderen pflanzlichen Abfällen wie Getreideschalen vermischt. Das Myzel der Pilze ernährt sich von Zuckerstoffen und in einigen Tagen wächst eine dichte, schwammähnliche Substanz aus verflochtenen Zellfäden. Diese Masse wird in eine Form gegossen, in der sie sich zu einer festen Substanz verdichtet. Aus dieser Substanz werden Bausteine hergestellt, mit denen ganze Häuser gebaut werden können. Man kann Pilze zum Beispiel in Lagerhallen kultivieren, und man braucht keine landwirtschaftlichen Nutzflächen dafür. Wird ein Pilzhaus abgerissen, landet es einfach auf dem Kompost.



Ein Bambus Pavillon



Der Gebrauch von Myzelium

## Bionik in der Architektur

Bionik ist ein Teil der Wissenschaft, in der man die Natur beobachtet und seine Prinzipien für die menschliche Technologie benutzt. Man untersucht Prozesse, Strukturen und Konstruktionen, die Tiere und Pflanzen im Laufe ihrer Evolution entwickelt haben. Die ersten Flugzeugentwickler schauten sich beispielsweise die Aerodynamik der Vögel an, um herauszufinden, wie man diese Techniken an ihren Fluggeräten anwenden konnte. Das gleiche wird in vielen Bereichen der Wissenschaft und der Technik getan. Auch in der Architektur und im Bau von Gebäuden wird Bionik angewandt.

In der Architektur kann Bionik für kunstvolle Designs und mehr Nachhaltigkeit sorgen. Wenn sich Architekten an der Natur inspirieren, entstehen leichte Konstruktionen, bei denen Baumaterialien und Ressourcen eingespart werden können.

Bionik hat beispielsweise die Fassadentechnik im Bauwesen beeinflusst. An Lotus- und Kohlrabiblättern wurde beobachtet, dass Schmutz nicht an ihnen haftet. Wenn es regnet, reinigt sich das Blatt automatisch und bleibt somit immer sauber. Die aufgewölbten Zellen an der Oberfläche, auf denen noch einmal nadelförmige Punkte wachsen, sorgen dafür, dass das Wasser nicht an ihnen haftet- sie sind hydrophobisch. Diese Technik wird für Fassaden benutzt, damit sie nicht schmutzig werden.

Der technische Pflanzenhalm ist ein weiteres Beispiel. Dies ist eine Konstruktion, welche vom Bambus und vom Schachtelhalm nachempfunden wurde. Der Aufbau macht ihn stabil, dehnbar, belastbar und viel leichter als Stahl. Er ist in der Architektur der Zukunft zum Bau von Tragwerkskonstruktionen geeignet.

Research Pavillon  
2015-16, Stuttgart



## Energie und CO<sub>2</sub>-Ausstoß

Eine der größten Herausforderungen der Zukunft des Wohnens ist der Energieverbrauch. Die Optimierung des Energieverbrauchs von Gebäuden bietet das größte Potenzial zur CO<sub>2</sub> Reduktion. Die Zeit der fossilen Energien wird früher oder später zu Ende gehen und wird durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Doch bis dies der Fall ist, muss man Energie sparen. Die meiste Energie wird zum Heizen von Häusern benutzt. Es gibt verschiedene Konzepte von Häusern, die die Temperatur und den Energieverbrauch sparsam regulieren können.

Niedrigenergiehäuser gibt es immer mehr. Diese Häuser dürfen je nach Bauordnung einen nur sehr geringen Energiebedarf an Heizwärme und Warmwasseraufbereitung haben. Sie erreichen dies vor allem durch verbesserte Wärmedämmung (Isolation) der Mauern, welche die Wärme drinnen und die Kälte draußen hält.

Besser als das Niedrigenergiehaus ist das Passivhaus. Es benutzt ein Zusammenspiel von Lüftung, Wärmedämmung und Sonneneinstrahlung auf den Fenstern. Diese Gebäude verbrauchen 75% weniger Heizenergie als ein üblicher Neubau und bis zu 90% weniger als Bestandsgebäude. Das Passivhaus ist eine Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses.

Es gibt noch eine Kategorie von effizienteren Häusern. Es handelt sich um das Plusenergiehaus. Es funktioniert fast gleich wie ein Passivhaus, doch überschüssige Energie wird ins Stromnetz eingespeist. Mit Sonnenkollektoren und Wärmespeichern, wird zu 100% regenerative Energie produziert, und es läuft als emissionsfreier Betrieb.

Eine wichtige Frage in dem Zusammenhang wird auch die Art und Weise sein, mit welcher Technik die Gebäude geheizt werden. Allgemein müssen wir weg von Gas- und Ölheizungen. Da Holz immer mehr als Baumaterial benutzt werden soll, sollte jedoch die Zahl der Pelletheizungen nicht zu sehr wachsen. Umso wichtiger werden in Zukunft Wärmepumpen mit grünem Strom sein.

Eine Wärmepumpe benutzt elektrischen Strom, um der Außenluft oder dem Erdboden Wärme zu entziehen und diese ins Gebäude als Heizwärme weiterzuleiten. Luftwärmepumpen erzeugen übers Jahr aus einer kWh Strom etwa 3 kWh Wärme (ihre sogenannte Jahresarbeitszahl JAZ hat einen Wert von 3). Bereits beim heutigen Strommix sparen sie gegenüber Erdgasheizungen drei Viertel an Treibhausgasen, und je mehr Strom von Solar- und Windenergie kommt, desto besser wird ihre Klimabilanz.

Erdpumpen sind sogar noch effizienter und ihr JAZ Wert liegt meist bei 4. Sie nutzen ein Rohrsystem, welches ein bis zwei Meter unter der Erdoberfläche verlegt ist. Hier, unterhalb der Frostgrenze liegt die Temperatur stabil zwischen 7°C und 12°C. In den Rohren zirkuliert ein Gemisch aus Salz, Wasser und Frostschutz, das die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und an den Wärmetauscher des Systems übergibt. Dort verdampft ein Kältemittel, wodurch Wärme abgegeben wird, bevor es in flüssiger Form den Kreislauf wieder schließt.

Wärmepumpen sollten nur in Kombination mit gut gedämmten Gebäuden verwendet werden, weil sie dann weniger Heizleistung erbringen müssen. Im Sommer kann man die Kreisläufe sogar umkehren und die Wärmepumpe zur „Kühlpumpe“ machen. Die Wand oder der Fußboden strahlen dann angenehme kühle Luft ab.



Ein Modell eines Plusenergiehauses

## Der Wille etwas zu ändern

Extreme Temperaturen mit Hitzestress, steigende Meeresspiegel mit starken Sturmfluten, Stürme mit großem Zerstörungspotenzial und Starkregenereignisse mit Überschwemmungen werden immer häufiger und heftiger.

Die Motivation, um etwas zu verändern, entsteht in vielen Fällen aus schlechten Erfahrungen. Vielen Städten wurde in den letzten Jahrzehnten durch Naturkatastrophen konkret bewusst, welche Gefahren der Klimawandel mit sich bringen wird.

In New York war es beispielsweise Hurrikan „Sandy“, der 2012 New York traf. Tausende Häuser, 250.000 Fahrzeuge wurden zerstört und 53 Menschen sind gestorben. Der Hurrikan löste Überflutungen aus, die Straßen und das „New York City Subway System“ standen unter Wasser. Deshalb hat New York ein Projekt gestartet, um besser gegen die Wetterbedingungen des Klimawandels gerüstet zu sein. Eines der Projekte ist das „East Side Coastal Resiliency Project“, das den Stadtteil Manhattan schützen soll. Es besteht aus dem Bau eines 4 Kilometer langen integrierten Systems aus erhöhten Parkanlagen, Flutmauern, Deichen und beweglichen Fluttoren, um einen Schutzwall gegen den Anstieg des Meeresspiegels und schwere Küstenstürme zu schaffen.

Ein anderes Beispiel ist Rotterdam, wo es am 31. Januar 1953 massive Überflutungen in den Niederlanden gab. Das Meer erreichte eine Höhe von bis zu 5,6 Metern. Flutwellen wurden von einem Sturm ausgelöst, der vom Norden aus an England vorbeizog und dann die Niederlande traf. 1835 Menschen starben bei den Überschwemmungen. Dies war ein Schock für die Niederlande. Um solche Überflutungen in Rotterdam in Zukunft zu verhindern, wurde der Maeslantkering gebaut. Es handelt sich dabei um zwei 210 Meter breite Tore, die sich im Fall von Überflutungen schließen können, um das Meer zu stoppen und die Stadt zu beschützen. Die Konstruktion fing im Jahr 1991 an. Zuerst wurden die 22 Meter hohen und 210 Meter breiten „Türen“ gebaut. Dann wurden die 237 Meter langen Arme angebaut. Die Barriere ist an ein Computersystem angeschlossen, das Wetterdaten sammelt und den Meeresspiegel misst. Wenn der Wasserspiegel um 3 Meter steigt, werden die Türen automatisch geschlossen. Im November 2007 traf ein Sturm die Niederlande, der den Maeslantkering automatisch schließen ließ. Auf diese Weise wurde eine weitere Katastrophe verhindert.

Ein weiteres Beispiel ist die Stadt Tokyo, die in manchen Jahren mehr als 10 schwere Überschwemmungen bei Taifunen erleidet, bei denen dann, die Wassermassen wie Sturzbäche durch die Stadt rauschen und diese lahmlegen. Deshalb wurde im Jahr 1992 in Tokyo ein riesiges Projekt gestartet, welches 2006 fertig wurde. Es sind gigantische Tunnel, die im Falle von Überschwemmungen Wasser aufnehmen können, um dieses anschließend zu evakuieren. Es gibt fünf unterirdische Silos, die 65 Meter hoch sind und welche mit 6,4 km langen Tunnels verbunden sind. In jedes Silo passen 49 Millionen Liter Wasser. Tokyo investierte damals fast 2 Milliarden US-Dollar in dieses Projekt.

Auch Kopenhagen bekam am 2. Juli 2011 einen bitteren Vorgeschmack auf die Schäden, die der Klimawandel verursachen wird, als das Zentrum unter Wasser stand.



Oben:  
Die Überflutungen in den  
Niederlanden im Jahr 1953



Unten:  
Der Maeslantkering  
in Rotterdam



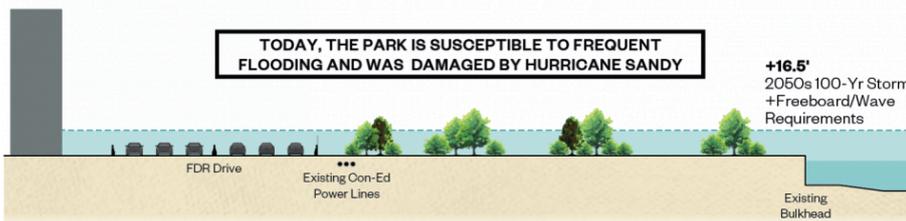


Eine Luftaufnahme von New York nach dem Hurrikan Sandy im Jahr 2012

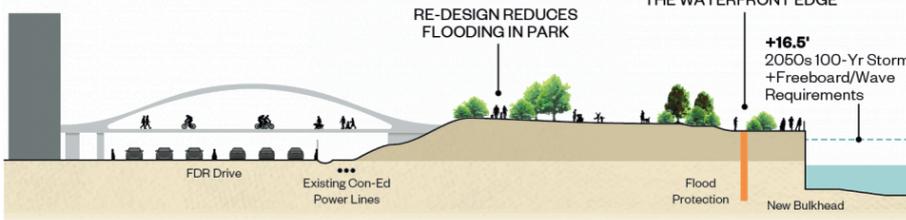


„East Side Coastal Resiliency Project“, das den Stadtteil Manhattan schützen soll.

EXISTING CONDITIONS



CURRENT PLAN



## Kopenhagen - Eine Stadt geht voran

Um den Klimawandel zu stoppen, müssen Städte klimaneutral werden. Kopenhagen macht dies vor, mit ihrem Ziel, im Jahr 2025 als erste Stadt weltweit, klimaneutral zu sein. Dabei konzentrieren sie sich auf drei Hauptpunkte: Energieproduktion, Energieverbrauch und grüne Mobilität. Sie zeigen, wie es möglich ist, klimaneutral zu werden, während die Stadt weiterwächst. Es ist inspirierend, wieviel Kopenhagen bereits geschafft hat. 2005 waren sie bei 2,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> Emissionen, doch es ist ihnen gelungen, dass die CO<sub>2</sub> Emissionen im Jahr 2017 auf 1 Millionen Tonnen fielen, während die Stadt wirtschaftlich um 24% gewachsen ist.

Um ihre Treibhausgasemissionen zu minimisieren, ersetzen sie die fossilen Energien, welche Kohle, Erdöl und Erdgas sind, durch erneuerbare Energien wie Windenergie und Solarenergie. Die Eröffnung des Heizkraftwerkes Amager war ein großer Schritt zur grünen Energiegewinnung. 98% der Haushalte in Kopenhagen beziehen Fernwärme, welches als effizienteste Art, Gebäude zu heizen, gilt. 80% der Fernwärme ist heute CO<sub>2</sub> neutral.

Dieses Heizkraftwerk wird auch „Copenhill“ genannt. Auf dem Dach dieses Gebäudes ist nämlich eine Skipiste. Damit zeigt Kopenhagen auch sein Interesse, diesen Weg zur klimaneutralen Stadt auf eine innovative und kreative Weise zu gehen.

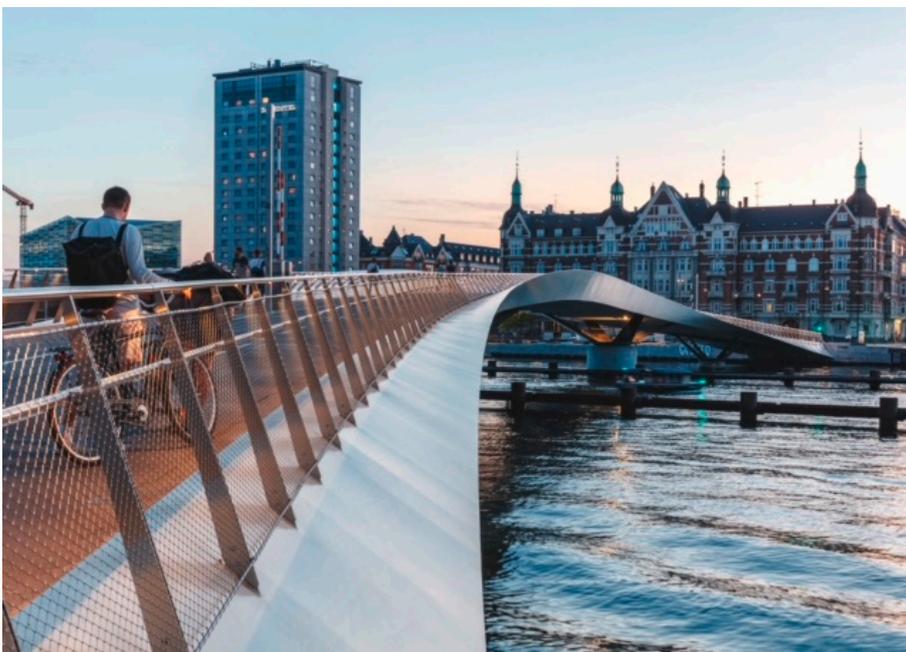
Kopenhagen ist weltbekannt für ihre Fahrradinfrastruktur. Sie haben sehr viel in Radwege investiert. In den letzten 10 Jahren waren dies rund 300 Millionen Dollar. 62% der Kopenhagener fahren mit dem Fahrrad, um sich im Alltag fortzubewegen. So werden CO<sub>2</sub> Emissionen bei der Mobilität gespart. Diese Investitionen bringen die Leute dazu, das Rad zu benutzen. Doch es ist nicht allein das Bauen von Radwegen, was hilft, sondern auch das Entfernen von Parkplätzen. Nur 7% der Radfahrer in Kopenhagen fahren mit dem Fahrrad, um die Umwelt zu schonen. Die meisten fahren Rad, da es das sinnvollste, einfachste und effizienteste Fortbewegungsmittel ist. Es hilft nicht nur dem Klima, sondern auch der Gesundheit der Menschen.

Kopenhagen wurde in diesem Jahr 2023 zur UNESCO Welthauptstadt der Architektur.

„Architektur, das sind nicht nur schöne Gebäude und Kultureinrichtungen, sondern eine konkrete Voraussetzung, um Challenges wie sozialer Zusammenhalt, Klimaveränderungen, und ein gesundes Leben zu lösen. Kopenhagen erfüllt in vielerlei Hinsicht eine Vorbildfunktion, bei der innovative Lösungen Hand in Hand mit architektonischer Qualität gehen. Der Titel Welthauptstadt der Architektur ist ein fantastischer Anlass für eine offene Diskussion über Architektur und die Rahmenbedingungen für ein gutes Leben“, meint der Vorsitzende des Architektenverbandes Johnny Svendborg in der Pressemitteilung.



Der Copenhill, ein Heizkraftwerk mit einer Skipiste auf dem Dach



Eine Fahrradbrücke in Kopenhagen

## Oceanix - die schwimmende Stadt

Projekte, wie der Maeslantkering oder Wellenbrecher, machen Küstenstädte momentan sicher, doch auf den steigenden Meeresspiegel ist bislang keine Stadt vorbereitet.

Die Erde wird insgesamt wärmer. Dies führt dazu, dass der Meeresspiegel steigt. Das passiert durch verschiedene Faktoren. Zum einen, ist es das Eis von Gletschern und vom Südpol, das schmilzt und zu mehr Wasser im Meer führt. Zum anderen, wenn es wärmer wird, werden auch die Ozeane wärmer, was wiederum dazu führt, dass das Wasser sich ausdehnt und mehr Platz einnimmt. Gleichzeitig wird das Wasser der Ozeane von den Massen der Pole angezogen. Sollten die Pole aber weiter dramatisch schmelzen, wird ihre Anziehungskraft abnehmen, was dazu führen wird, dass der Meeresspiegel auf der Höhe des Äquators noch schneller steigt.

Da der steigende Meeresspiegel die Städte an den Küsten bedroht, gibt es die Überlegung, ob man Städte in Zukunft auf dem Wasser bauen soll.

Oceanix ist ein futuristisches Projekt, entwickelt von den Architekten Bjarke Ingels und Marc Chen. Es soll die erste unsinkbare Stadt auf dem Wasser werden, die aus künstlichen, verbundenen Inseln besteht, sechseckige Bauteile von je 2 Hektar Größe, auf denen 300 Menschen leben können. Diese Module können zu Städten von bis zu 10 000 Einwohnern kombiniert werden. Bei diesem Projekt steht die Innovation im Vordergrund, und es werden viele neue Konzepte erforscht, die man bei schwimmenden Städten zukünftig einsetzen kann.

Solch eine schwimmende Stadt muss Hurrikane der Stärke 5 widerstehen können, selbstständig und effizient Energie gewinnen und Nahrung erzeugen. Sogar das nachhaltige Material Bambus soll angebaut werden können. Solarenergie, Windenergie und OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) werden benutzt. OTEC basiert auf dem natürlichen Unterschied der Temperaturen in der Tiefe und an der Oberfläche des Meeres. Das wärmere Wasser der Oberfläche lässt eine Flüssigkeit, wie zum Beispiel Ammoniak verdampfen, wovon der Dampf durch ein Rohr zu einer Turbine geleitet wird und mit einem Generator dann Energie gewonnen wird. Das kältere Wasser vom Meeresgrund wird dann benutzt, um den Wasserdampf des Ammoniaks wieder flüssig zu machen, damit er wieder verwendet werden kann. Auf diese Weise benutzt diese Stadt ihre natürliche Umgebung, um nachhaltig an Ort und Stelle Energie zu gewinnen.

Auch für die Nahrung wird die Umgebung genutzt. Die Bewohner von Oceanix werden sich zum größten Teil pescetarisch ernähren. Unterhalb der geschaffenen Inseln, können nämlich Fische und Algen gezüchtet werden. Auf den Inseln selbst wird „Urban Farming“ betrieben, das Anbauen von Pflanzen in der Stadt. In dieser Kategorie gibt es auch „Vertical Farming“, welches das Anpflanzen von Nahrung in Gebäuden ist. Der Vorteil dabei ist, dass man die Pflanzen in 3 Dimensionen anbauen kann, in der Breite, in der Länge und in der Höhe. Dies spart erstens sehr viel Platz und zweitens den Transportweg. Ein anderer Vorteil des „Vertical Farming“, ist dass man die Nahrung, wie zum Beispiel Salat, oder andere Gemüsesorten exakt regulieren und beeinflussen kann, da man sie künstlich bewässert, beleuchtet und die Temperatur einstellen kann. Dazu kommt noch, dass man Pestiziden spart, da man keine Insekten mehr vertilgen muss. „Urban Farming“ und „Vertical Farming“ werden natürlich auch in Städten zu Land eingesetzt, um in der Stadt Nahrung zu produzieren und somit Anbauflächen und lange Transportwege einzusparen.

Das Projekt Oceanix wird von der UNO unterstützt und in der südkoreanischen Küstenstadt Busan wird ein erster Prototyp dieser schwimmenden Stadt gebaut werden.

Schwimmende Städte können sehr vielversprechend sein, da sie im Gegensatz zu Städten an Küsten, effizient und vor Naturkatastrophen geschützt sind.



So wird die Stadt Oceanix aussehen



## Schlussfolgerung

Als ich das Thema „Städte im Klimawandel“ auswählte, war mir zwar bewusst, dass der Klimawandel einen großen Impact auf die Städte hat. Allerdings hatte ich noch keine Vorstellung davon, welchen großen Impact Städte selbst auf den Klimawandel haben. Erst als ich erfuhr, dass Städte für 70% der CO<sub>2</sub> Emissionen verantwortlich sind, wurde mir klar, dass Städte sich am besten schützen, indem sie gegen den Klimawandel ankämpfen.

Wenn Städte nämlich klimaneutral wären, hätte man sozusagen bereits 70% des Weges zur CO<sub>2</sub> Neutralität geschafft.

Allerdings ist mir im Laufe meiner Recherchen auch klar geworden, dass dies nicht so einfach ist. Um eine Stadt zu 100% CO<sub>2</sub> neutral zu machen, muss man alte Methoden und Techniken ersetzen und verbessern. Dafür braucht man Innovationen, wie die, die ich in dieser Arbeit beleuchtet habe. Es reicht jedoch nicht nur, sich auf eine oder mehrere Innovationen zu konzentrieren, sondern man muss sie alle zusammen einsetzen, damit man alle CO<sub>2</sub> Quellen komplett ausschalten kann.

Um solche Projekte durchzuführen, braucht man Entschlossenheit und Disziplin. Dies ist mir aufgefallen, als ich mein Praktikum im Architekturbüro BFF absolvierte. Mir wurden einige Baustellen und Projekte gezeigt, bei denen mir bewusst wurde, dass sehr viele Faktoren zusammenkommen müssen, bis ein Projekt erfolgreich beendet ist.

Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, braucht es vor allem aber auch den absoluten Willen der Politiker und Bürgermeister, um Innovationen und neue kreative Konzepte zu fördern. Kopenhagen ist dafür das perfekte Beispiel, einer Stadt, die solche Projekte wirklich konsequent durchsetzt.

Städte müssen gleichzeitig aber auch an Resilienz gewinnen. Man soll also nicht nur nachhaltige Städteplanung fördern, sondern auch den Schutz der Städte vor zukünftigen Naturkatastrophen ausbauen. In einigen Fällen geht dies Hand in Hand, wie zum Beispiel beim Schwammstadtprinzip, bei dem man Begrünung einsetzt, zum einen, für den Schutz vor Überschwemmungen, zum anderen, für das nachhaltige Kühlen von Straßen und Gebäuden.

Die Gestaltung der Stadt der Zukunft hat begonnen. Die Handlungsfelder für die Architekten, Städteplaner, Wissenschaftler, Unternehmer, Bürger und Politiker sind die bauliche Struktur der Stadt, die Infrastruktur, die Mobilität, das Ökosystem und der Umgang mit Ressourcen. Die Stadt der Zukunft wird nachhaltiger, ökologischer, gesünder und lebenswerter sein als die Stadt der Gegenwart.

Zusammengefasst sieht die Stadt von morgen so aus:

- Begrünung, Wasserflächen und Pflanzen, um die Stadt im Sommer abzukühlen, die Luft zu filtern, die biologische Artenvielfalt, sowie die Lebensqualität und die Gesundheit zu stärken.
- Resilient - damit sie Naturkatastrophen standhalten kann.
- Kurze Wege - die Bewohner gehen problemlos zu Fuß, nehmen das Fahrrad oder den öffentlichen Transport und erreichen jedes notwendige Ziel binnen 15 Minuten.
- Angenehme, öffentliche Plätze zur Erholung, für Begegnungen und Kommunikation.
- Effizientes Bauen mit nachwachsenden Baustoffen wie Holz, Bambus und Myzelium als aufkommende Alternativen zu Beton.
- Gebäude sind so gebaut und isoliert, dass sie fast keine Energie zum Heizen und Kühlen brauchen.
- Versorgung mit erneuerbarer Energie, die in der Stadt selbst produziert wird, durch Windkraft, Solaranlagen auf den Dächern und Fassaden.
- Mit Vertical Farming produziert die Stadt Essen und versorgt sich zu einem großen Teil selbst.
- Hocheffiziente Mobilität, treibhausgasneutrales und schadstofffreies Verkehrsnetz, Autos, mit Ausnahme von Elektroautos, sind in der Stadt unerwünscht.
- Geringe Luftverschmutzung

Die Vision der Stadt von morgen besteht also aus Aspekten des Klima- und Umweltschutzes, sowie aus Aspekten der Gesundheit und Lebensqualität.

Die große Frage ist nur, ob die Städte, diese neuen Konzepte und Innovationen schnell genug umsetzen können, damit das vom Weltklimarat geforderte Ziel, dass die Welt bis zum Jahre 2050 klimaneutral ist, erreicht werden kann.

„Wir, die Städte können es uns nicht leisten abzuwarten, ob die nationalen Vorschläge ehrgeizig genug sind. Die Zukunft des Kampfes gegen den Klimawandel spielt sich auf unseren Straßen und Plätzen ab. Bei uns lebt der größte Teil der Bevölkerung, wir sind die Hauptverantwortlichen für die Treibhausgas Emissionen und stehen im Mittelpunkt der Innovation. Wenn wir wollen, dass sich etwas ändert, müssen wir damit beginnen uns selbst zu ändern. Das wird nur möglich sein, wenn wir alle gemeinsam Verantwortung übernehmen: Bürger, Unternehmen, Verbände und Behörden.“

Ada Colau Ballano  
Bürgermeisterin von Barcelona

## Bibliografie/Quellen

- Borries von, Friedrich/Kasten, Benjamin: Stadt der Zukunft. Wege in die Globalopolis, Frankfurt am Main: Fischer Verlag GmbH 2021.
- Bott, Helmut/Grassl, Gregor/Anders, Stephan (Hrsg.): Nachhaltige Stadtplanung. Lebendige Quartiere, Smart Cities, Resilienz, München: Edition Detail 2018
- Burmeister, Klaus/Rodenhäuser: Stadt als System. Trends und Herausforderungen für die Zukunft urbaner Räume, München: Oekom Verlag 2016.
- Eberl, Ulrich: Unsere Überlebensformel. Neun globale Krisen und die Lösungen der Wissenschaft, München: Piper Verlag GmbH 2022.
- Gehl, Jan: Städte für Menschen, Berlin: Jovis Verlag GmbH 2021.
- Hofmeister, Sandra (Hrsg.): København. Urbane Architektur und öffentliche Räume, München: Edition Detail 2021.
- Mertens, Elke: Die resiliente Stadt. Landschaftsarchitektur für den Klimawandel, Basel: Birkhäuser Verlag GmbH 2021.
- [www.ad-magazin.de/article/klimawandel-architektur](http://www.ad-magazin.de/article/klimawandel-architektur)
- [www.archimag.de/magazin/2020/architektur-in-zeiten-des-klimawandels](http://www.archimag.de/magazin/2020/architektur-in-zeiten-des-klimawandels)
- [www.bauinnovationen.ch/in-suedkorea-soll-die-erste-schwimmende-stadt-entstehen](http://www.bauinnovationen.ch/in-suedkorea-soll-die-erste-schwimmende-stadt-entstehen)
- [www.bauinnovationen.ch/wp-content/uploads/BB\\_1746\\_Pilzstein\\_low.pdf](http://www.bauinnovationen.ch/wp-content/uploads/BB_1746_Pilzstein_low.pdf)
- [www.bbc.com/news/blogs-trending-59601335](http://www.bbc.com/news/blogs-trending-59601335) Neom: What's the green truth behind a planned eco-city in the Saudi desert?
- [www.bmz.de/de/themen/klimawandel-und-entwicklung/stadt-und-klima](http://www.bmz.de/de/themen/klimawandel-und-entwicklung/stadt-und-klima)
- [www.nzz.ch/international/klimawandel-architekten-setzen-auf-holz-statt-klimakiller-beton-ld.1701612](http://www.nzz.ch/international/klimawandel-architekten-setzen-auf-holz-statt-klimakiller-beton-ld.1701612)
- [www.deutschlandfunk.de/klimasuender-beton-ein-baustoff-sucht-nachfolger-100.html](http://www.deutschlandfunk.de/klimasuender-beton-ein-baustoff-sucht-nachfolger-100.html)

- [www.dezeen.com/2021/04/22/architecture-climate-change-earth-day](http://www.dezeen.com/2021/04/22/architecture-climate-change-earth-day)
- <https://www.empa.ch/web/s604/superblocks>
- [energiwinde.orsted.de/trends-/kopenhagen-nac...altigkeit-umwelthauptstadt-radfahren-energie-vorzeigeprojekte](http://energiwinde.orsted.de/trends-/kopenhagen-nac...altigkeit-umwelthauptstadt-radfahren-energie-vorzeigeprojekte)
- [www.eskp.de/klimawandel/staedte-im-kampf-gegen-klimawandel-9351022](http://www.eskp.de/klimawandel/staedte-im-kampf-gegen-klimawandel-9351022)
- [www.faz.net/aktuell/feuilleton/kunst-und-architektur/was...staedte-in-der-zukunft-lebenswert-machen-wird-17816138.html](http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/kunst-und-architektur/was...staedte-in-der-zukunft-lebenswert-machen-wird-17816138.html)
- [www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wohnen/klimawandel-was-tun-die-staedte-gegen-die-klimakrise-17583293.html](http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wohnen/klimawandel-was-tun-die-staedte-gegen-die-klimakrise-17583293.html)
- [15-minuten-stadt.de](http://15-minuten-stadt.de)
- [www.goodplanet.info/2022/01/06/architecture-et-ecologie-point-de-vue](http://www.goodplanet.info/2022/01/06/architecture-et-ecologie-point-de-vue)
- [www.mdr.de/wissen/faszination-technik/raetsel-antike-warum-beton-altes-rom-lange-haltbar-100.html](http://www.mdr.de/wissen/faszination-technik/raetsel-antike-warum-beton-altes-rom-lange-haltbar-100.html)
- [www.planet-wissen.de/gesellschaft/wohnen/zukunft\\_des\\_wohnens/index.html](http://www.planet-wissen.de/gesellschaft/wohnen/zukunft_des_wohnens/index.html)
- [www.quarks.de/umwelt/klimawandel/so-muessen-sich-staedte-auf-den-klimawandel-vorbereiten](http://www.quarks.de/umwelt/klimawandel/so-muessen-sich-staedte-auf-den-klimawandel-vorbereiten)
- [www.schwammstadt.at](http://www.schwammstadt.at)
- [www.sempergreen.com/de/ueber-uns/neues/6-der-besten-nachhaltigen-stadtplane-der-welt](http://www.sempergreen.com/de/ueber-uns/neues/6-der-besten-nachhaltigen-stadtplane-der-welt)
- [www.spektrum.de/news/warum-beton-klimaschaedlich-ist/1760122](http://www.spektrum.de/news/warum-beton-klimaschaedlich-ist/1760122)
- [www.stern.de/digital/technik/klimawandel--oeko-beton-verwendet-recycling-zement-und-CO2-30820022.html](http://www.stern.de/digital/technik/klimawandel--oeko-beton-verwendet-recycling-zement-und-CO2-30820022.html)
- [www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/die-stadt-fuer-morgen-die-vision#kompakt](http://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/die-stadt-fuer-morgen-die-vision#kompakt)

## Bildnachweis

- [www.theconversation.com/superblocks-are-transforming-barcelona-they-might-work-in-australian-cities-too-123354](http://www.theconversation.com/superblocks-are-transforming-barcelona-they-might-work-in-australian-cities-too-123354)
- [www.edition.cnn.com/2023/02/26/world/15-minute-cities-conspiracy-theory-climate-intl/index.html](http://www.edition.cnn.com/2023/02/26/world/15-minute-cities-conspiracy-theory-climate-intl/index.html)
- [www.oidp.net/barcelona2018/news/LetterMayor.html](http://www.oidp.net/barcelona2018/news/LetterMayor.html)
- [www.businessinsider.com/taiwan-smog-agora-garden-twisting-tower-vincent-callebaut-photos-2017-8?r=US&IR=T](http://www.businessinsider.com/taiwan-smog-agora-garden-twisting-tower-vincent-callebaut-photos-2017-8?r=US&IR=T)
- [www.dezeen.com/2021/08/04/impressive-bamboo-building-roundup/](http://www.dezeen.com/2021/08/04/impressive-bamboo-building-roundup/)
- [www.olympics.com/ioc/news/former-united-nations-secretary-general-ban-ki-moon-proposed-to-head-ioc-s-ethics-commission](http://www.olympics.com/ioc/news/former-united-nations-secretary-general-ban-ki-moon-proposed-to-head-ioc-s-ethics-commission)
- [www.theconversation.com/can-trees-really-cool-our-cities-down-44099](http://www.theconversation.com/can-trees-really-cool-our-cities-down-44099)
- [www.profilpas.com/fr/vitrine/profilpas-embellit-le-bosco-verticale-de-milan#gref](http://www.profilpas.com/fr/vitrine/profilpas-embellit-le-bosco-verticale-de-milan#gref)
- [www.ubm-development.com/magazin/en/where-hilltop-sports-meet-clean-energy](http://www.ubm-development.com/magazin/en/where-hilltop-sports-meet-clean-energy)
- [www.inhabitat.com/curvaceous-bicycle-bridge-brings-new-life-to-copenhagens-harbor/lille-langebros-bridge-wilkinson-eyre-2](http://www.inhabitat.com/curvaceous-bicycle-bridge-brings-new-life-to-copenhagens-harbor/lille-langebros-bridge-wilkinson-eyre-2)
- [www.hrs.com/en/hotel/dormero-hoho-wien/a-1073734](http://www.hrs.com/en/hotel/dormero-hoho-wien/a-1073734)
- [www.edition.cnn.com/style/article/tallest-residential-timber-building-intl-scli/index.html](http://www.edition.cnn.com/style/article/tallest-residential-timber-building-intl-scli/index.html)
- [www.edition.cnn.com/style/article/tallest-residential-timber-building-intl-scli/index.html](http://www.edition.cnn.com/style/article/tallest-residential-timber-building-intl-scli/index.html)
- [www.planning.org/planning/2022/summer/hurricane-recovery-fails-the-financially-vulnerable](http://www.planning.org/planning/2022/summer/hurricane-recovery-fails-the-financially-vulnerable)
- [www.oasishoteles.com/blog/en/the-majestic-city-of-tikal](http://www.oasishoteles.com/blog/en/the-majestic-city-of-tikal)

- [www.historycollection.com/10-secrets-mayan-civilization-will-leave-dumbstruck](http://www.historycollection.com/10-secrets-mayan-civilization-will-leave-dumbstruck)
- [www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick](http://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick)
- [www.dezeen.com/2017/09/04/mycotree-dirk-hebel-philippe-block-mushroom-mycelium-building-structure-seoul-biennale](http://www.dezeen.com/2017/09/04/mycotree-dirk-hebel-philippe-block-mushroom-mycelium-building-structure-seoul-biennale)
- [www.earthobservatory.nasa.gov/features/GreenRoof/greenroof2.php](http://www.earthobservatory.nasa.gov/features/GreenRoof/greenroof2.php)
- [www.earthobservatory.nasa.gov/features/GreenRoof/greenroof2.php](http://www.earthobservatory.nasa.gov/features/GreenRoof/greenroof2.php)
- [guide.michelin.com/lu/fr/hotels-stays/singapore/oasia-hotel-downtown-10486](http://guide.michelin.com/lu/fr/hotels-stays/singapore/oasia-hotel-downtown-10486)
- [www.archdaily.com/980892/un-habitat-reveals-prototype-for-the-worlds-first-sustainable-floating-city](http://www.archdaily.com/980892/un-habitat-reveals-prototype-for-the-worlds-first-sustainable-floating-city)
- [www.dezeen.com/2019/04/04/oceanix-city-floating-big-mit-united-nations](http://www.dezeen.com/2019/04/04/oceanix-city-floating-big-mit-united-nations)
- [www.sanier.de/energieberatung/plusenergiehaus](http://www.sanier.de/energieberatung/plusenergiehaus)
- [en.wikipedia.org/wiki/Maeslantkering](http://en.wikipedia.org/wiki/Maeslantkering)
- [en.wikipedia.org/wiki/Maeslantkering#/media/File:Maeslantkering\\_closed.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Maeslantkering#/media/File:Maeslantkering_closed.jpg)
- [www.dresden-magazin.com/wissen-wirtschaft/dresden-cube-erstes-carbonbeton-haus-der-welt](http://www.dresden-magazin.com/wissen-wirtschaft/dresden-cube-erstes-carbonbeton-haus-der-welt)
- [watercenter.sas.upenn.edu/the-east-side-coastal-resiliency-project-environmental-impact-statement-a-model-for-the-integration-of-coastal-protection-into-livable-spaces](http://watercenter.sas.upenn.edu/the-east-side-coastal-resiliency-project-environmental-impact-statement-a-model-for-the-integration-of-coastal-protection-into-livable-spaces)
- [www.nytimes.com/2021/12/02/us/hurricane-sandy-lower-manhattan-nyc.html](http://www.nytimes.com/2021/12/02/us/hurricane-sandy-lower-manhattan-nyc.html)
- [blog.allplan.com/en/bionic-architecture](http://blog.allplan.com/en/bionic-architecture)
- ICD/ITKE Universität Stuttgart; ICD/ITKE Research Pavillon 2015-16, Stuttgart



