• Zukunft • Umweltschutz •

GRÜNE DÄCHER

IN CHINA

Bearbeitet von: Jun Lu
Erstprüfer: Prof.Dr.Manfred Köhler
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Jens Rupprecht

Ausgabedatum: 10.08.2018
Abgabedatum: 09.10.2018
NRN:urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2018-0031-3

Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Landschaftswissenschaften und Geomatik

Studiengang Landschaftsarchitektur

Bachelorarbeit

Thema:

Grüne Dächer in China

Bearbeitet von

Jun Lu

urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2018-0031-3

Erstprüfer:	Prof. Dr. Manfred Köhler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Jens Rupprecht
Ausgabedatum:	10.08.2018
Abgabedatum:	09.10.2018

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1
2 Smog in China 3
3 Smogbeseitigung 9
3.1 Maßnahmen für die Bewältigung von Smog 10
3.2 Dachbegrünung 10
4 Bedeutung der Dachbegrünung 12
4.1 Ökologische Bedeutung der Dachbegrünung 13
4.1.1 Auffangen von Niederschlägen 13
4.1.2 Erweiterung der Grünfläche 13
4.1.3 Luftreinigung 14
4.1.4 Verbesserung der städtischen Biodiversität 15
4.1.5 Energieeinsparung und Verringerung des städtischen Wärmeinseleffekts 15
4.2 Wirtschaftliche Bedeutung der Dachbegrünung 15
4.3 Soziale Bedeutung der Dachbegrünung 17
5 Problematik der Dachbegrünung in China 17
5.1 Keine relevanten Gesetze und Richtlinien 19
5.2 Mangelndes Verständnis der Chinesen für die Dachbegrünung 20
5.3 Uneinheitliche Spezifikationen 20
5.4 Hohe Kosten für die Dachkonstruktion 20
5.5 Mangelnde technische Ausführung 22
6 Dachbegrünung im internationalen Umfeld 22
6.1 Deutschland 22
6.2 USA 24
6.3 Japan 25
6.4 China – Shanghai (Kontaktaufnahme mit Prof. Wang Zhaolong) 26
7 Maßnahmen zur Entwicklung der Dachbegrünung in China 31
7.1 Stärkung des Umweltbewusstseins der Menschen bezüglich der Dachbegrünung 31
7.2 Stärkere Unterstützung durch die Politik und bessere Finanzierungsunterstützung 31
7.3 Stärkung der Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen

Fachbereichen 32
7.4 Stärkung der Technologieforschung und -entwicklung 32
7.5 Gemüsegarten auf dem Dach 33
7.5.1 Entwurf – Gemüsegarten auf dem Dach in Wuxi – intensiv und effizient 34
8 Schlusswort 40
9 Quellenverzeichnis 41
9.1 Literaturquellen 41
9.2 Abbildungsquellen 43
10 Selbständigkeitserklärung 45

Anhang 1: Entwurfsplan
Anhang 2: Pflanzvorschläge
CD-ROM mit kompletter Bachelorarbeit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Smog in Peking im März 2013 4

Abbildung 2: Eindringtiefe von Feinstaub in die Atemwege 5

Abbildung 3: Monatsmittelwerte für PM2.5 im Jahr 2017 in China. Obere Reihe links März, rechts Juli; untere Reihe: links Oktober, rechts Dezember 7

Abbildung 4: Aufzeichnung der Luftverschmutzung in Peking im Jahr 2016. Von links nach rechts: Dezember, Januar, März, Juli, September, Oktober, Dezember 8

Abbildung 5: Die Hängenden Gärten von Babylon 12

Abbildung 6: Dachbegrünung in Peking 18

Abbildung 7: Shanghai Natural History Museum 19

Abbildung 8: Dachgarten Wagnis 4 in München 23

Abbildung 9: Shanghai Yiyun Farm Roof Garden 29

Abbildung 10: Shanghai Zichunse Farm Roof Garden 29

Abbildung 11: Shanghai K11 Roof Garden 30

Abbildung 12: Shanghai K11 Roof Garden 30

Abbildung 13: Lage der Provinz Jiangsu 34

Abbildung 14: Lage von Wuxi 35

Abbildung 15: Lageplan 35

Abbildung 16: Visualisierung 36

Abbildung 17: Visualisierung 37

Abbildung 18: Visualisierung 37

Abbildung 19: Visualisierung 38

Abbildung 20: Systemlösung:Gartendach Lösung-Dachablauf in der Fläche……..39

1 Einleitung

Im Jahr 2018 wurde in China der Grenzwert für Feinstaub (PM 2,5) im großstädtischen Smog bereits mehrmals weit überschritten. In Peking kommt es im Winter öfter vor, dass der PM 2,5-Wert 300 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft überschreitet, was dem 10-fachen des normalen Niveaus von 25 bis 35 Mikrogramm entspricht. Heutzutage sterben in China geschätzt 1,1 Millionen Menschen pro Jahr an den Folgen der Luftverschmutzung.[1] Die Natur rächt sich unerbittlich, und das Leben ist voller Krisen und ungesund. In den letzten 30 Jahren rückten im Zuge der Urbanisierung in China städtische „Krankheiten“ extrem in den Vordergrund, weil die Chinesen die Folgen ökologischer Belastungen vernachlässigten und das BIP (Bruttoinlandsprodukt) auf Kosten der Umwelt steigerten. Die Stadtentwicklung vertrieb Pflanzen und natürliche Gewässer aus der Stadt und schuf eine leblose Welt aus Stahl, Zement, Glas und Kunststoff.

Es stellt sich die Frage, wie mit solchen städtischen Problemen umgegangen werden sollte. Wie lässt sich verhindern, dass die Städte zu Gesteinswüsten werden? Das Wichtigste hierbei ist, Pflanzen und Gewässer wieder zurück in die Städte zu bringen. Jedoch ist es unrealistisch, grünes Land durch den Abriss von Gebäuden zu schaffen. Als Alternative bietet sich die Begrünung von Dächern und Wänden an, um diese Art von städtischen Problemen zu lösen. Heutzutage haben Länder auf der ganzen Welt bereits Gesetze verabschiedet, um die Dachbegrünung zu fördern. In einigen Ländern (z.B. Singapur) beträgt die Dachbegrünung von Neubauten schon nahezu 100 %, während sie in China weniger als 1 % beträgt.[2]

Dachbegrünungen bringen nicht nur ein Stück Natur in die Städte zurück. Sie helfen auch bei der Lösung anderer Probleme, beispielsweise beim

[1] Vgl. MICHAEL BRAUER (2016), Institute for Health Metrics and Evaluation, S.1.ff

[2] Vgl. XIANG ZHENG, ZHENG RUIJIE, GAO RONGHA (2016), Liaoning Institute of Economic Forestry S.2.ff

Regenwasser-Management oder bei der Reduzierung des sogenannten Wärmeinseleffekts (d.h., der Aufheizung der Innenstädte). Um Dachbegrünungen besonders einfach und schnell zu ermöglichen.

Die chinesische Regierung hat die ökologische „Fünf-in-Eins-Zivilisation“ (Menschen – Natur – Wohlstand – Harmonie – Zusammenarbeit) vorgeschlagen und treibt den Aufbau des schönen Chinas energisch voran. Umweltpolitik, Reduzierung des Kohlenstoffs und nachhaltige Urbanisierung sind grundlegende Themen der nationalen Politik. Es wurden und werden große Anstrengungen unternommen, um die Luftverschmutzung, die Wasserverschmutzung und die Landverschmutzung zu kontrollieren. Damit werden die Voraussetzungen dafür geschaffen, die Umwelt zu schützen.[3] Wie genau dies geschehen soll, wird in der vorliegenden Arbeit anhand des Themas Dachbegrünung untersucht. Dabei geht es um die effektive Förderung der Dachbegrünung in China und darum, wie man die Dachbegrünung an die Verhältnisse in China anpassen kann. Die Erkenntnisse können für städtische Beamte, Designer, Konstrukteure und die Öffentlichkeit nützlich sein.

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut: Nach der Einleitung wird das Thema Smog in China behandelt. Des Weiteren geht es um die Bewältigung von Smog und es werden verschiedene diesbezügliche Maßnahmen vorgestellt, einschließlich der Dachbegrünung. Dann wird die Bedeutung der Dachbegrünung aus ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Sicht beleuchtet. Danach wird die Problematik der Dachbegrünung in China aus unterschiedlichen Aspekten untersucht. Weiterhin wird die Dachbegrünung in mehreren anderen Ländern vorgestellt. Anschließend werden Maßnahmen zur Entwicklung der Dachbegrünung in China vorgeschlagen. Am Ende schließt die Arbeit mit einem kurzen Ausblick.

[3] Vgl. PEOPLE'S DAILY (Aug.2015), Zeitung der Volksrepublik China

2 Smog in China

Smog ist ein Phänomen extremer Luftverschmutzung. Er entsteht, wenn Luftschadstoffe eine sehr hohe Konzentration erreichen und gleichzeitig die Wetterlage das Verwehen dieser Substanzen verhindert. Insbesondere Großstädte sind davon betroffen. Übermäßige Mengen von Schwebstoffen in der Atmosphäre, insbesondere PM 2,5 (Feinstaubteilchen mit einer Teilchengröße von weniger als 2,5 µm) werden als Verursacher von Smog angesehen. Ab der PM 2,5-Wert 20 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft wird von Smog gesprochen（von der Weltgesundheitsorganisation WHO vorgeschrieben）.

Durch Emissionen aus Verkehr, Industrie und Landwirtschaft gelangen täglich Schadstoffe in die Atemluft. Darunter sind feste Partikel, wie Feinstaub und Ruß, aber auch Gase wie Ammoniak, Stickoxide und Treibhausgase. Die Substanzen vermischen sich und reagieren in komplexen chemischen Reaktionen miteinander. Auf diese Weise entstehen weitere sekundäre Luftschadstoffe. Diese Luftverschmutzung – ein tückisches Gemisch toxischer Substanzen – finden wir mittlerweile überall auf der Welt in unterschiedlichem Ausmaß.

Luftschadstoffe sind im Einzelnen so winzig, dass sie mit bloßem Auge nicht zu sehen sind. Unter bestimmten Umständen kann die Konzentration in einer Region jedoch so stark ansteigen, dass die Sicht stark eingeschränkt wird und das Gesundheitsrisiko steigt. Die Luftverschmutzung wird dann als Smog erkennbar.[4]

Derzeit ist der Mechanismus der Bildung von Smog noch nicht vollständig geklärt. Manche denken, dass Smog hauptsächlich auf die Emission von Autoabgasen zurückzuführen ist, während andere Smog auf die industrielle Verschmutzung zurückführen. Einigen Wissenschaftlern zufolge, die zum Thema Luftverschmutzung forschen, hat Smog drei Quellen:

1) Wärmeerzeugung, wozu insbesondere auch der hohe Kohleverbrauch in

[4] Vgl. LUFTBEWUSST.DE

der Stahl- und Zementindustrie zählt;

2) die Abgase von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor;
3) durch den Bau von Infrastruktur verursachter Staub.

In Peking setzt sich der Feinstaub zu etwa 60 % aus der Verbrennung von Kohle für den industriellen Einsatz und den fossilen Brennstoffen in Kraftfahrzeugen, zu 23 % aus Staub und zu 17 % aus Lösungsmitteln und anderen Quellen zusammen. Einige Wissenschaftler glauben, dass die Hälfte des heimischen Feinstaubs nicht direkt aus Verschmutzungsquellen stammt, sondern durch sehr komplizierte physikalische und chemische Prozesse gebildet wird.[5] Smog war schon immer ein ernstes Umweltproblem, das in China gelöst werden muss. Vor allem im Norden Chinas ist Smog ein ernstes Probleme. Seit dem Winter 2012 kommt es häufig zu Smog (siehe Abb.1), was die Menschen schwer beeinträchtigt. Das moderne Leben mit seinem hohen Verkehrsaufkommen und seinen vielen Fabriken richtet große Schäden in der Atmosphäre und in der Umwelt insgesamt an. Gleichzeitig schadet Smog dem menschlichen Atmungssystem und bedroht die menschliche Gesundheit.[6] Deswegen ist das Verständnis der aktuellen Smog-Situation in China von großer Bedeutung, damit die Öffentlichkeit die geplanten Gegenmaßnahmen versteht und akzeptiert.

Abbildung 1: Smog in Peking im März 2013

Quelle: Fotograf Shan Ming 2017:http://tech.qq.com/a/20151209/024884.htm

[5] Vgl. TAO ZHOU (2012), Journal of North China Electric Power University: S.12-14.ff

[6] Vgl. MU QUAN, ZHANG SHI-QIU (Jan.2013), College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University: S.1.ff

Die Quellen von Smog in China sind vielfältig: Autoabgase, Industrieemissionen, Müllverbrennung, Vulkanausbrüche sowie eine Vielzahl anderer Verschmutzungsquellen vermischen sich und führen zur Bildung von Smog.[7]

(1) Schäden für die menschliche Gesundheit

Zu den gesundheitlichen Schäden, die durch Smog verursacht werden, gehören Erkrankungen der Atemwege, insbesondere der Lungenbläschen (siehe Abb. 2), Bindehautentzündung, Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, der Leber, des Fortpflanzungssystems usw. Diese Schäden können sehr ernst sein und sogar zum Tod führen.[9]

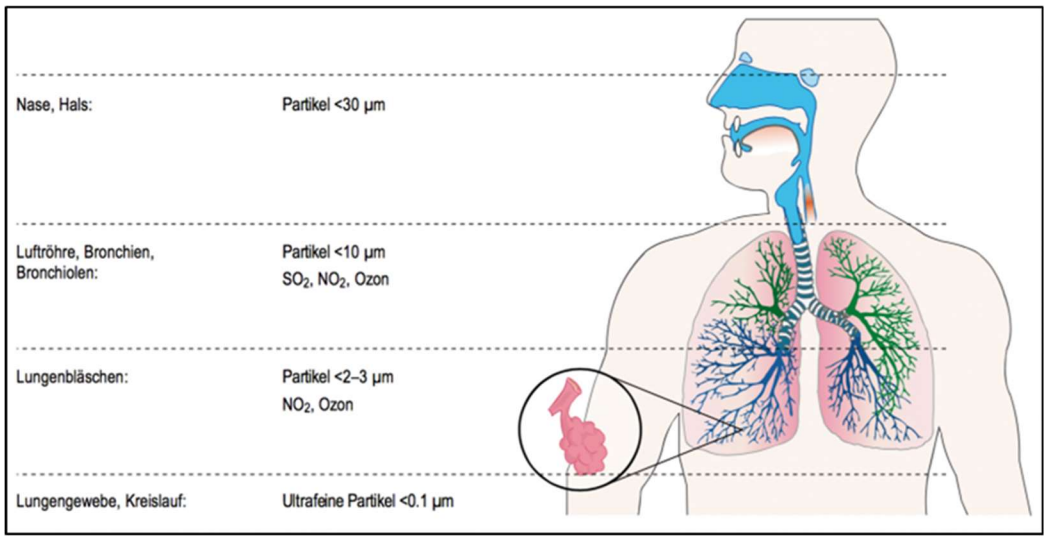

Abbildung 2: Eindringtiefe von Feinstaub in die Atemwege

Quelle: BAFU (2014). Luftverschmutzung und Gesundheit.: http://luftlabor.ch/wintersmog

(2) Schäden für die Umwelt

Das Verbrennen von fossilen Brennstoffen wie Kohle und Erdöl bildet zusammen mit SO_2 (Schwefeldioxid) eine Quelle der Luftverschmutzung. Bei Niederschlag bildet sich daraus saurer Regen .

Die Gefahr von saurem Regen für aquatische Ökosysteme zeigt sich u. a. wie folgt: Saurer Regen führt zur Verschmutzung von Flüssen, Seen und Grundwasser, zerstört das Ökosystem der Gewässer, tötet Plankton im

[7] Vgl. XIANMIN WANG (2013), S.14.ff
[9] Vgl. MINISTRY OF HEALTH SINGAPORE (Jan.2015)

Wasser – wodurch die Nahrungsquelle der Fische reduziert wird – , verändert den Nährstoffzyklus und verursacht einen toxischen Zyklus. Dies alles führt zum Verlust der Artenvielfalt und verringert die Produktivität. Die Gefahr von saurem Regen für terrestrische Ökosysteme zeigt sich u.a. darin, dass als Folge von saurem Regen die Zersetzung von organischer Substanz und Stickstoff stark unterdrückt wird. Durch die Auslaugung von Calcium, Magnesium, Kalium und anderen Nährstoffen kommt es zu einer Verarmung des Bodens, was wiederum Auswirkungen auf die Anlage im Entstehen begriffener Knospen hat und in Blättern zu Schädigungen des epidermalen Gewebes und der Membranstruktur führt. Die normalen Stoffwechselprozesse in den Pflanzen werden gestört und ihr Wachstum wird beeinträchtigt. Dies hat einen negativen Einfluss auf Waldökosysteme und große Flächen von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.[10]

(3) Schäden durch Smog an Objekten

Durch die stark korrodierende Wirkung des Schwefeldioxids im sauren Regen wird Textilbekleidung mürbe, Leder zerfällt, Metallprodukte korrodieren, Baustoffe zersetzen sich und kulturelle Kunstwerke werden zerstört. Der saure Regen bewirkt, dass der pH-Wert des Oberflächenwassers abnimmt. Die Menge der Metallverbindungen im Wasser wird somit erhöht und dadurch verschlechtern die in Trinkwasserrohren gelösten Stoffe die Wasserqualität.

(4) Schaden durch Smog für den Verkehr

Die suspendierten Partikel in der trüben Luft des Smogs können optische Signale aufgrund der Streuung und Absorption von Licht signifikant reduzieren. Dadurch wird die Sicht erheblich beeinträchtigt. Smog hat dadurch erhebliche Auswirkungen auf den Verkehr – egal, ob Straße, Schiene, Luftfahrt und Schifffahrt und gefährdet die Sicherheit und den reibungslosen Verkehr in starkem Maße.

[10] Vgl. HANLIN FEI, GUOJIAN MIN (2014), Beijing Jiaotong University: S.3.ff

Anfang 2017 gab es überall in China Smog – von Xinjiang im Westen bis zu den Küstengebieten im Osten. Im Februar, während des chinesischen Neujahrsfestes, lagen die Smogwerte in Henan, Shandong und Shanxi über dem Durchschnitt. Im nördlich-zentralen Teil Chinas erreichte der Smog den nationalen Höhepunkt. Aufgrund des Einflusses von Smog ist die Sichtweite gering, was einen großen Einfluss auf den chinesischen Verkehr hat. In Peking gab es 2016 (39 Tage) mit hoher Luftverschmutzung, was einen Rückgang gegenüber 2013 um 19 Tage bedeutete. An 38 der 39 Tage überschritt der Feinstaubwert den Grenzwert sehr stark.[11] Abb. 3 zeigt die durchschnittlichen Feinstaubwerte in China in einigen Monaten im Jahr 2017.

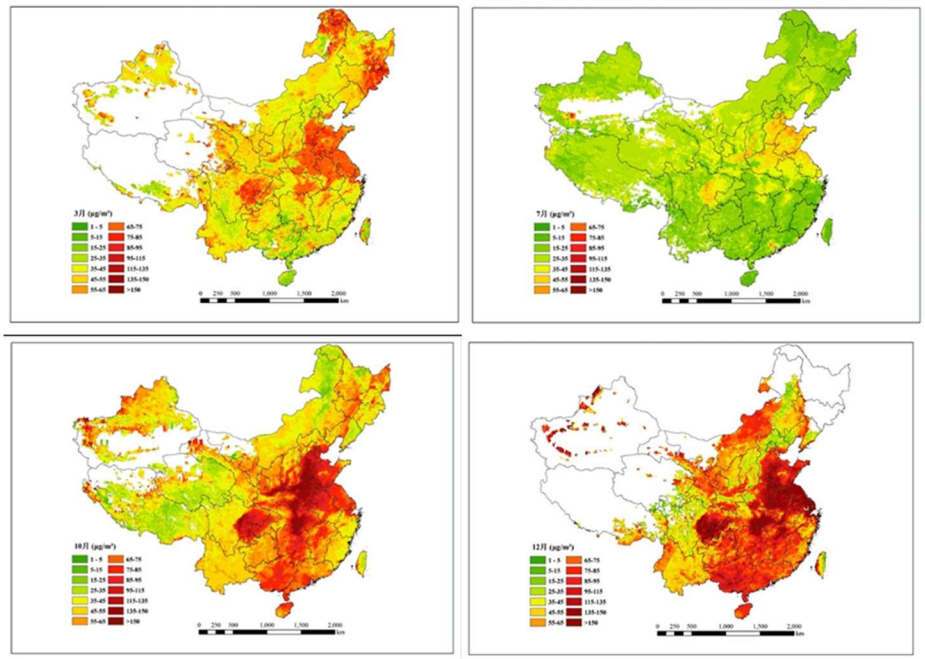

Abbildung 3: Monatsmittelwerte für PM2.5 im Jahr 2017 in China. Obere Reihe links März, rechts Juli; untere Reihe: links Oktober, rechts Dezember

Quelle: China National Environmental Monitoring Centre: http://www.cnemc.cn/

Laut der chinesischen Umweltschutzstatistik von 2017 war die Feinstaubbelastung in der Stadt Xingtai am höchsten; sie betrug durchschnittlich jährlich 131,4 mg / Kubikmeter. Nach den geltenden chinesischen Feinstaubrichtlinien gilt ein Wert von 75 mg bis 125 mg / Kubikmeter als leichte Verschmutzung.[12] 2017

[11] Vgl. CHINA NATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING CENTRE
[12] Vgl. CHINA AMBIENT AIR QUALITY STANDARDS (2012)

meldeten 36 Städte leichte Verschmutzung und drei Städte (Xingtai, Baoding und Shijiazhuang) starke Verschmutzung.[13] Aus der Datenanalyse ist zu erkennen, dass China zwar einige Fortschritte in Bezug auf Smog gemacht hat, d.h. dass die Feinstaubwerte allmählich zurückgegangen sind, doch die Verschmutzung ist immer noch stark. Nebel und Dunst sind immer noch weit verbreitet, wie in Abb. 4 illustriert. Daher ist es weiterhin dringend erforderlich, Maßnahmen für eine Lösung zu identifizieren und umzusetzen.

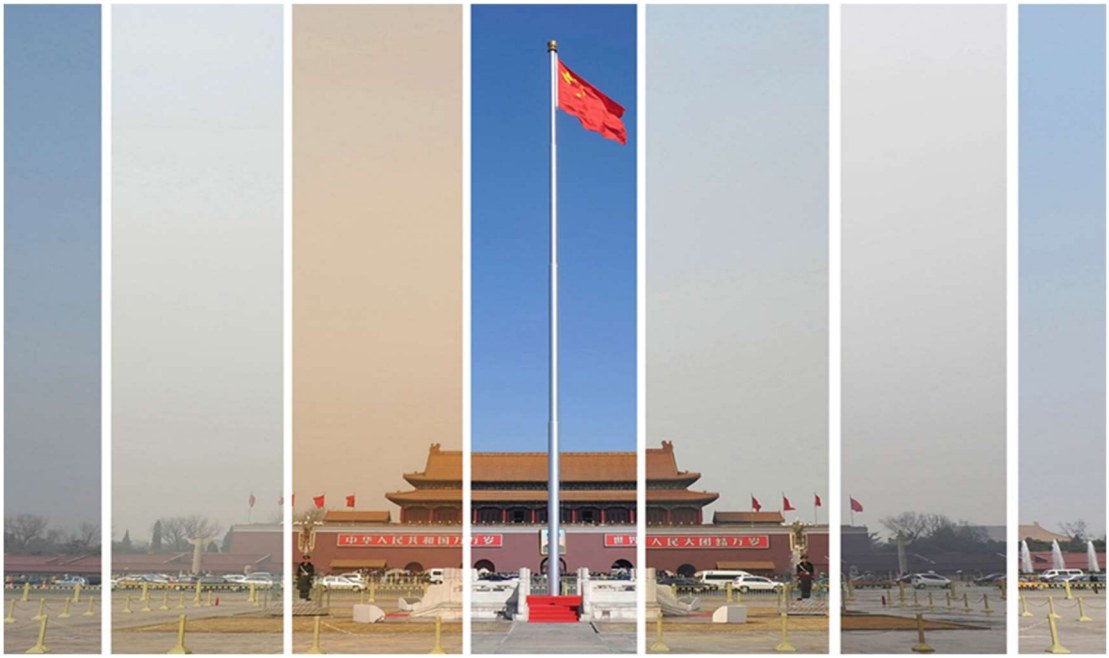

Abbildung 4: Aufzeichnung der Luftverschmutzung in Peking im Jahr 2016. Von links nach rechts: Dezember, Januar, März, Juli, September, Oktober, Dezember

Quelle: Liu Liu(2016) http://hope.huanqiu.com/exclusivetopic/2013-03/3752902.html

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Smogproblem in China ernste soziale, natürliche und wirtschaftliche Ursachen hat.[14]

(1) Soziale Ursachen

- Fahrzeugabgase
- Abgas aus Kohle, die im Norden Chinas im Winter verbrannt wird. Größtenteils wird zum Heizen Energie aus Kohle verwendet.
- Abgasemissionen der Industrie

[13] Vgl. CHINA NATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING CENTRE
[14] Vgl. TENCENT TECHNOLOGY(Dez.2015)

- Staub, der auf Baustellen und Straßen erzeugt wird

(2) Natürliche Ursachen

- Geografische Lage

  Viele Städte liegen in einer Senke.
- Näture verursachte Feuer/Brände z.B Waldbrände
- Klima mit hoher Luftfeuchtigkeit
- Atmosphärische Zirkulation

  Der Hauptfaktor ist der niedrige atmosphärische Luftdruck und der Mangel an Luftströmung. Weil die Luft nicht zirkulieren kann, sammeln sich winzige Partikel in der Luft und schweben in der Luft.

Aber der Hauptursache für Chinas Smogproblem kann den Nachwirkungen der raschen sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung zugeschrieben werden.

(3) Wirtschaftliche Ursachen

- Urbanisierung als Folge des Bevölkerungswachstums
- Unzumutbare industrielle Struktur (61,5% Schwerindustrie)
- Unzumutbare Energiestruktur (37,9% Kohleenergie)[15]

Es ist nicht unmöglich, das Problem des Smogs in China zu bewältigen, aber es erfordert viel Zeit und eine ganze Reihe von Gegenmaßnahmen.

3 Smogbeseitigung

Die chinesische Wirtschaft hat zwar eine rasante Entwicklung erlebt, aber auch viele Umweltkosten verursacht. Beispielsweise ist das Problem der Luftverschmutzung insbesondere in Nordchina größer geworden. Obwohl sich in der Hauptstadt Peking nach den Olympischen Spielen die Luftqualität deutlich verbessert hat. Aus gesellschaftlicher Perspektive gehören zu den Auswirkungen Verkehrsbeeinträchtigungen wie die Sperrung von Schnellstraßen, Baustopps und Unterrichtsausfall. Dieses Phänomen entwickelt sich somit auch zu einem politischen und internationalen Thema, das nicht nur die Gesundheit der Bürger

[15] Vgl. CHINA NATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING CENTRE

ernsthaft beeinträchtigt, sondern auch das Image von Peking beeinflusst. Peking will eine Weltstadt werden, aber Smog ist ein Hindernis dafür. Die Stadtregierung von Peking hat das Ziel, die Luftverschmutzung bis 2020 um 50 % zu reduzieren und plant 760 Milliarden Yuan (ca.100 Milliarden Euro) in die Kontrolle von Smog zu investieren[16]. Im Ausland haben Erfahrungen mit Smog in Städten wie Los Angeles, London und Paris gezeigt, dass es ungefähr 30 Jahre dauern kann oder auch mehr (Los Angeles etwa 40 Jahre), die Probleme mit Smog in den Griff zu bekommen.

3.1 Maßnahmen für die Bewältigung von Smog

Die derzeitigen Methoden für den Umgang mit Smog können als „Erhöhung“ und „Drosselung“ zusammengefasst werden. „Erhöhung“ bedeutet, die Anzahl der Pflanzen zu erhöhen, die die Schadstoffe in der Luft absorbieren und reduzieren können. „Drosselung“ bedeutet, die Emission von Schadstoffen in der Luft zu reduzieren. Gegenwärtig konzentrieren sich Regierung und Gesellschaft auf die Drosselung, während die Lösung „Erhöhung“ ignoriert wird. Drosselung wirkt sich zwangsläufig negativ auf die Industrie aus. Unternehmen müssen schließen, die Produktion zurückfahren, Arbeitsplätze abbauen. All dies führt zu einer Reduzierung der Staatseinnahmen. „Erhöhung“ hat nicht nur diese positiven Auswirkungen, sondern es können damit auch verwandte Industrien und die wirtschaftliche Entwicklung gefördert werden, zum Beispiel durch Dachbegrünung.

3.2 Dachbegrünung

Grüne Pflanzen haben offensichtliche ökologische Auswirkungen und sind eine der wichtigsten Arten von „Erhöhung“. Studien haben gezeigt, dass ein Quad-

[16] Vgl. HANLIN FEI, GUOJIAN MIN (2014), Beijing Jiaotong University: S.1.ff

ratmeter Rasen 146 kg Kohlendioxid pro Jahr absorbieren, 105,85 kg Sauerstoff freisetzen, 3,1 g Schwefeldioxid absorbieren, 10 g Staub binden und 27 kg Wasser speichern kann. Daher ist die Vergrößerung der Grünfläche von großer Bedeutung für die Verbesserung der Luftqualität und die Verringerung der Umweltverschmutzung.[17]

Da sich Chinas Urbanisierungsprozess weiter beschleunigt, werden immer mehr Gebäude in den Städten gebaut und die städtische Bevölkerung lebt immer dichter zusammen. Dies zeigt, dass urbane Grünflächen immer weniger werden und die Pro-Kopf-Grünfläche abnimmt. Um das städtische Ökosystem zu erhalten und die Qualität der Lebensumwelt zu verbessern, wurden die Bemühungen um die Anlage von Grünflächen in städtischen Parks verstärkt. Im Jahr 2017 betrugen die städtischen Grünflächen 1.494.500 ha verglichen mit 531.000 ha im Jahr 2010, was einer Zunahme von 181,5 % entspricht.[18] Aber aufgrund des dichten Städtebaus und des Bevölkerungswachstums stieg die Pro-Kopf-Grünfläche nur um 56,1 %. Die Pro-Kopf-Baufläche hat dagegen um 120,6 % zugenommen.[19] Eine Erhöhung der städtischen Grünfläche führt zu einem ausgewogenen Verhältnis von Kohlenstoff-Emissionen, produziert Sauerstoff, reduziert den städtischen Wärmeinseleffekt, absorbiert Staub und schädliche Gase und hat andere wichtige ökologische Vorteile. Studien haben gezeigt, dass für die Absorption der Kohlendioxidemissionen (die Hauptkomponente fossiler Energie, die bei der Herstellung von Baustoffen verwendet wird, sind Kohlenstoffverbindungen, die nach der Verbrennung CO_2 produzieren) eines Quadratmeters Gebäudes mehr als 20.000 Quadratmeter Grünfläche notwendig sind.[20] Somit spielt die Entwicklung von Gründächern als ökologische Maßnahme in der Stadt eine sehr wichtige Rolle, um die Qualität der Um-

[17] Vgl. HANLIN FEI, GUOJIAN MIN (2014), Beijing Jiaotong University: S.2.ff
[18] Vgl. XIANG ZHENG, ZHENG RUIJIE, GAO RONGHA (2016), S.4-6.ff
[19] Vgl. MINISTRY OF HOUSING AND URBAN-RURAL DEVELOPMENT OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA (2016)
[20] Vgl. AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011),China state key laboratory of urban and regional ecology:S.3.ff

welt zu verbessern und Smog zu reduzieren. Der Begriff „Grüne Dächer“ bezieht sich auf alle Techniken, mit den Pflanzen nicht auf dem Erdboden gepflanzt werden, sondern auf Dächern, Balkonen, Wänden, Tiefgaragen, Überführungen und Ähnlichem.

Bereits im 6. Jahrhundert v. Chr. wurden die Hängenden Gärten von Babylon als Dachgarten erbaut (siehe Abb. 5.). Sie gelten bis heute als eines der Sieben Weltwunder der Antike. Gründächer finden sich in vielen Ländern, einschließlich den Vereinigten Staaten, Deutschland, Korea, Japan, Frankreich, Großbritannien usw. Chinas erste moderne grüne Dächer (1983) gab es in der Provinz Sichuan. Seit 1983 wurden in immer mehr Städten Dächer begrünt, u.a. in Shenzhen, Chongqing, Guangzhou, Peking, Shanghai, Changsha, Lanzhou, Wuhan usw.

Abbildung 5: Die Hängenden Gärten von Babylon

Quelle: Wikipedia https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%A4ngende_G%C3%A4rten_der_Semiramis

4 Bedeutung der Dachbegrünung

Die Dachbegrünung ist in vielerlei Hinsicht von Bedeutung. In diesem Kapitel wird die ökologische, die wirtschaftliche und die soziale Bedeutung der Dachbegrünung untersucht. Die Dachbegrünung kann zugleich die Anforderungen der Umweltpolitik „Fünf-in-Eins-Zivilisation“ (Menschen – Natur – Wohlstand – Harmonie – Zusammenarbeit) erfüllen.

4.1 Ökologische Bedeutung der Dachbegrünung

Die Dachbegrünung bringt ökologische Vorteile für die fünf natürlichen ökologischen Faktoren Wasser, Boden, Gas, Biomasse und Energie im städtischen Ökosystem mit sich.

4.1.1 Auffangen von Niederschlägen

Der auf einem Gründach angesammelte Niederschlag kann nicht nur die Wasserversorgung für die grünen Pflanzen auf dem Dach sicherstellen, sondern auch die direkte Umgebung des Gebäudes durch Wasserverdunstung verbessern. In regnerischen Gebieten kann die Dachbegrünung mit einem Reservoir kombiniert werden. Nach starkem Regen ist der Boden mit Wasser gesättigt. Überschüssiges Wasser sammelt sich an und kann gespeichert werden, sodass es nicht verloren geht. 45 % bis 90 % des Regenwassers können so aufgefangen werden. Wenn der Boden trocken ist, kann er mit dem gesammelten Wasser bewässert werden, um eine ausreichende Wasserversorgung für das Pflanzenwachstum sicherzustellen. Untersuchungen haben gezeigt, dass nur 10 % bis 30 % des Regens, der auf ein begrüntes Dach fällt, vom Dach herunterfließt, während 70 % bis 90 % auf dem Dach verbleiben.[21] Das Gründach kann somit nicht nur den Abfluss von Regenwasser reduzieren und Wasserressourcen einsparen, sondern auch den Druck auf das städtische Entwässerungsnetz reduzieren und den städtischen Hochwasserschutz absichern. Die meisten natürlichen Niederschläge fließen im Allgemeinen direkt auf den Boden. Wenn die meisten Dächer begrünt sind, wird die Dachentwässerung stark reduziert, und die Pflanzen auf dem Dach haben eine gewisse Reinigungswirkung auf das in den Boden eindringende Wasser.

4.1.2 Erweiterung der Grünfläche

Dachbegrünung kann die Grundfläche des Gebäudes ausgleichen, die durch

[21] Vgl. AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011),China state key laboratory of urban and regional ecology:S.3.ff

die Bebauung verloren gegangen ist, und den Widerspruch zwischen den Menschen, den Gebäuden und den Grünflächen aufheben. Es wird geschätzt, dass die Dachfläche von städtischen Gebäuden etwa 30 % der Gesamtfläche einer Stadt ausmacht. Wenn eine Stadt von 5000 ha nur eine Dachbegrünung von 50 % hat, kann sie ihre Grünfläche um 750 ha vergrößern. Durch die Begrünung von Dächern kann also die Grünfläche vergrößert werden und Flächenreserven können eingespart werden.[22]

4.1.3 Luftreinigung

Ein Gründach besteht hauptsächlich aus grünen Pflanzen, deren Blattoberfläche sehr unterschiedlich sein kann (z.B. behaart, gekerbt, schleimig). Die Oberfläche hat eine Vielzahl von Funktionen und dient z.B. als Staubbarriere (reduziert den Staub in der Atmosphäre), zur Filtration und Adsorption. Schätzungen zufolge werden auf einer Dachfläche von 1000 m² etwa 160-220 kg Staub pro Jahr zurückgehalten, was den Staubgehalt in der Atmosphäre um etwa 25 % reduzieren kann.[23] Gleichzeitig produzieren grüne Pflanzen hauptsächlich Nährstoffe durch Photosynthese, verbrauchen während der Photosynthese Kohlendioxid und setzen Sauerstoff frei, wodurch das Gleichgewicht von Sauerstoff und Kohlendioxid in der Atmosphäre aufrechterhalten wird. Wenn in einer Stadt Dachbegrünung betrieben wird , ist nach wissenschaftlichen Messungen das Kohlendioxid in der Stadt nach der Begrünung um 85 % niedriger als vor der Begrünung. Laut einer Studie des Umweltprogramms der Vereinten Nationen sinkt der Kohlendioxidgehalt in der Luft um 80 %, wenn die Dachbegrünung dieser Stadt 70 % oder mehr erreicht, und der Wärmeinseleffekt verringert sich. Es gibt viele Pflanzen, die in der Lage sind, giftige und schädliche Gase zu absorbieren bzw. zu assimilieren. Es gibt auch einige Pflanzen, die ein bakterizides Sekret absondern, das hilft, die Menge des atmosphärischen Gases

[22] Vgl. AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011),China state key laboratory of urban and regional ecology:S.4.ff
[23] Vgl. AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011),China state key laboratory of urban and regional ecology:S.4.ff

zu reduzieren, und die Menge der schädlichen Mikroben aus der Luft zu filtern. Die grüne Vegetation auf dem Dach befindet sich auf einer festen Höhe und kann den Wind blockieren und abschwächen und sogar die Windrichtung ändern, wodurch sie die Rolle eines Luftkorridors ausüben kann.[24]

4.1.4 Verbesserung der städtischen Biodiversität

Dachgrünflächen bieten zahlreichen Vögeln und Insekten Nahrung und Lebensraum. Sie üben somit eine schützende Wirkung auf diese Lebewesen aus und bereichern die Vielfalt städtischer Lebenswelt.

4.1.5 Energieeinsparung und Verringerung des städtischen Wärmeinseleffekts

Wenn die Oberfläche des Daches mit Vegetation bedeckt ist, wird dadurch die direkte Sonnenenergie auf den Baukörper (Dachziegel, Dachhaut) vermieden. Dies führt zu einer Reduzierung des städtischen Wärmeinseleffekts. Außerdem kann so die Raumtemperatur in dem Gebäude im Sommer um ein bis sechs Grad Celsius gesenkt werden. Dadurch lässt sich die Verwendung von Raumklimaanlagen reduzieren, was wiederum den Stromverbrauch stark senken kann. Durch Wärmedämmung eines Gebäudes, die sich durch Dachbegrünung erzielen lässt, kann der Stromverbrauch um 20 % bis 70 % gesenkt werden, denn die Dachbegrünung entsprechend ihrer Stärke dämmt im Winter und dient im Sommer als Hitzeschutz und trägt so als natürliche Klimaanlage zu Energieeinsparungen bei (dickere Schichtdicken können mehr Regenwasser speichern und dann freisetzen zu Verdunstung ,was eine Abkühlung von 1 bis 3 °C möglich macht).[25]

4.2 Wirtschaftliche Bedeutung der Dachbegrünung

[24] Vgl. AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011),China state key laboratory of urban and regional ecology:S.4.ff
[25] Vgl. AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011),China state key laboratory of urban and regional ecology:S.6.ff

Die wirtschaftlichen Vorteile der Dachbegrünung spiegeln sich zunächst in der Energieeinsparung wider. Ein begrüntes Dach kann einen Ort für Aktivitäten bieten und direkte wirtschaftliche Vorteile schaffen. Dachbegrünung kann das Aussehen und den Gesamtwert des Gebäudes verbessern. Dies hat einen kommerziellen Wert für Entwickler in chinesischen Markt. Im Allgemeinen ist der Preis für kommerzielle Gebäude mit Dachbegrünung 200-350 Yuan (ca. 25-45 Euro) / m² höher als der Durchschnittspreis von Häusern ohne Dachbegrünung. Statistisch betrachtet müssen für 10.000 m² begrünte Dächer zusätzliche Kosten von 2 Millionen Yuan (ca. 250.000 Euro) veranschlagt werden, während die Begrünung von 10.000 m^2 Boden etwa 30 Millionen Yuan (ca. 3,75 Millionen Euro) kostet, die in Abriss und Landschaftsbau investiert werden müssen.Im Vergleich der Kosten für Dachbegrünung und Landschaftsbau sind die Ausgaben um das 10.fache geringer. Der zweite Vorteil ist, dass die Kosten für Kühlung und Heizung durch Dachbegrünung reduziert werden. Für die Gründachbodenschicht und die Isolationsschicht kann zum Teil recyceltes Material verwendet werden, was gut für die Umwelt ist, Energie einspart und das Dach schützt. Die durchschnittliche Lebenserwartung eines nicht begrünten Daches beträgt 20 bis 50 Jahre (Ziegeldach: ca.40 Jahre; Betonpfannen: ca.50 Jahre; Metalldach: ca.30 Jahre; Dachpappe: ca. 20 Jahre), während die durchschnittliche Lebenserwartung eines begrünten Daches bis zu 50 oder sogar 80 Jahre betragen kann, weil die Dachbegrünung durch die Pflanzenbedeckung Sonneneinstrahlung, Wind und Regen reduziert und somit für den Schutz des Daches sorgt und damit auch für eine Verlängerung der Funktionsdauer des Gebäudes. Dachbegrünung kann außerdem auch dazu verwendet werden, um unterschiedliche Obst- und Gemüsesorten anzubauen, die besonders für die Dachbepflanzung geeignet sind {z.B. Schnittlauch (*Allium schoenoprasum)*, Auberginen (*Solanum melongena)*, Erdbeeren (*Fragaria)*}.[26]

[26] Vgl.HANLIN FEI, GUOJIAN MIN (2014), Beijing Jiaotong University: S.6.ff

4.3 Soziale Bedeutung der Dachbegrünung

Dachbegrünung bietet den Menschen mehr Möglichkeiten für Aktivitäten, da grüne Dächer mehr Raum für Kommunikation bieten, was die Harmonie und die sozialen Bindungen der Menschen fördert. Gleichzeitig verwandelt sich der ursprüngliche Zementwald der Dächer einer Stadt in einen blühenden Garten mit Sträuchern, Insekten und Vögeln, in dem sich die Menschen wohl fühlen und von der Arbeit und vom Leistungsdruck entspannen können. Dachbegrünung verschönert eine Stadt und hat in einigen touristischen Städten bereits viel dazu beigetragen, das Image der Stadt zu verbessern. Insgesamt wird durch grüne Dächer die Lebensqualität in modernen Städten erhöht werden. Gleichzeitig spielt die Dachbegrünung und die Wandbegrünung eine Rolle bei der Verringerung von städtischem Lärm. Eine begrünte Wand kann den Lärm um mindestens 3 dB gegenüber einer normalen Wand verringern, wobei seine Lärmisolierungsleistung 8 dB beträgt und die maximale Schalldämmung von etwa 46 dB erreicht werden kann.[27] Pflanzen können akustische Energien tatsächlich abschwächen und absorbieren. Diese Abschwächung verhält sich selbstverständlich proportional zur Anzahl der Pflanzen und dem im Raum vorhandenen Lärm ab.

5 Problematik der Dachbegrünung in China

Seit den 1960er Jahren werden in China die Konstruktionstechniken der Dachbegrünung untersucht. Um die städtische Umwelt zu verbessern, wird die Menge der städtischen Grünflächen erhöht.[28]

Aufgrund der Auswirkungen von Investitionen in die Infrastruktur, der Bautechniken und Materialien, der traditionellen Werte etc. befindet sich die Dachbegrünung in China noch in der Anfangsphase. An einigen Orten, vor allem in der

[27] Vgl.HANLIN FEI, GUOJIAN MIN (2014), Beijing Jiaotong University: S.8.ff
[28] Vgl.WANG JUNLI (2005), China Xianyang Vocational Technical College: S.1.ff

Provinz Sichuan (einschließlich dem dortigen Chongqing) gibt es Dächer von Fabriken und Wohngebäuden, die mit Blumen, Bäumen und Gemüse bepflanzt sind. In den letzten Jahren genießt die Begrünung von Dächern immer mehr Aufmerksamkeit in China. Die neue Regierung räumt in ihrer Politik der Entwicklung von Gründächern breiten Raum ein. Deswegen hat sich die Dachbegrünung in einigen Städten Chinas bereits besser entwickelt, z.B. in Shenzhen, Chongqing, Chengdu, Guangzhou, Peking (siehe Abb. 6), Shanghai (s. Abb. 7), Changsha, Lanzhou, Wuhan und so weiter. In den letzten Jahren wurden viele grüne Dächer auf Firmengebäuden zu Dachgärten umgestaltet, die den Mitarbeitern Ruhe und Unterhaltung bieten.

Abbildung 6: Dachbegrünung in Peking

Quelle: https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_1342408

Abbildung 7: Shanghai Natural History Museum

Quelle: James and Connor Steinkamp (2015), https://www.archdaily.cn/cn/770057/shang-hai-zi-ran-li-shi-bo-wu-guan-perkins-plus-will

Obwohl viele Großstädte in China Dachbegrünung eingeführt haben, ist sie immer noch nicht weit verbreitet. Das ist primär darauf zurückzuführen, dass es noch zahlreiche Probleme gibt, die in diesem Kapitel näher beleuchtet werden.

5.1 Keine relevanten Gesetze und Richtlinien

Derzeit hat China noch keine einschlägigen Rechtsvorschriften in Bezug auf grüne Dächer entwickelt. Es gibt keine klaren Richtlinien und/oder Gesetze für die Dachbegrünung von privaten, industriellen und öffentlichen Gebäuden. Bei der Berechnung des Stadtgrüns (Parks und Grünflächen allgemein) sind in der Regel die Gründächer nicht enthalten. Diese sollten in Zukunft mit einkalkuliert werden. Auch für technische Indikatoren in Verbindung mit der Implementierung von Gründächern gibt es keine einheitliche Gesetzgebung und Politik, was zur Folge hat, dass es keine einheitliche technische Umsetzung für Dachbegrünungen gibt.

5.2 Mangelndes Verständnis der Chinesen für die Dachbegrünung

Viele Chinesen haben ein unzureichendes Verständnis für die Dachbegrünung und sind besorgt darüber, dass grüne Dächer zu Sicherheitsproblemen führen könnten, zum Beispiel im Hinblick auf die Stabilität des Hauses. Grüne Dächer befinden sich zurzeit oft auf Geschäftsgebäuden mit sehr wenigen Bewohnern. Weil solche Gebäude geschäftlich genutzt werden, sind die Unternehmensgewinne Eigentum des jeweiligen Unternehmens. Bewohner, die im obersten Stockwerk leben, machen sich viele Sorgen um undichte Dächer und andere Fragen im Zusammenhang dami. Aufgrund des unzureichenden Verständnisses der Bevölkerung für die Dachbegrünung ist es schwierig, Dachbegrünung für gewöhnliche zivile Gebäude umzusetzen.

5.3 Uneinheitliche Spezifikationen

Derzeit bieten verschiedene Unternehmen die Herrichtung von grünen Dächern an. Da jedoch grüne Dächer eine Reihe von Branchen betreffen, ist es schwierig, einen Industriestandard und einheitliche Spezifikationen in den verschiedenen Städten umzusetzen. Verschiedene Städte, die Dachbegrünung fördern, haben unterschiedliche Standards. Es gibt kein einheitliches System für die Dachbegrünung.

5.4 Hohe Kosten für die Dachkonstruktion

Die Kosten für eine Dachbegrünung umfassen die anfänglichen Baukosten und die späteren Pflegekosten. In der Regel betragen die Kosten für einen Dachgarten (intensive Dachbegrünung) etwa das 2-fache der normalen Dachbegrünung (einfache Intensivbegrünung).

Der Begriff „Intensivbegrünung“ umfasst Pflanzungen von Stauden und Gehöl-

zen sowie Rasenflächen, im Einzelfall auch Bäume. Sie können flächig, höhendifferenziert oder punktuell ausgebildet sein. In den Möglichkeiten der Nutzungs- und Gestaltungsvielfalt sind sie bei entsprechender Ausstattung mit bodengebundenen Freiräumen vergleichbar. Die verwendeten Pflanzen stellen hohe Ansprüche an den Schichtenaufbau und an eine regelmäßige Wasser- und Nährstoffversorgung und Pflege.[29]

Der Begriff „Einfache Intensivbegrünungen“ sind in der Regel als bodendeckende Begrünung mit Gräsern, Stauden und Gehölzen ausgebildet. Die verwendeten Pflanzen stellen geringe Anforderungen an den Schichtaufbau, die Wasser- und Nährstoffversorgung und an die Pflegemaßnahmen. Die durchwurzelbare Aufbaudicke beträgt je nach Begrünung mindestens 12 bis 20 cm. Der Aufwand für Wartung und Pflege ist relativ gering.[30]

Der Begriff „Extensivbegrünungen“ sind naturnah angelegte Vegetationsformen, die sich weitgehend selbst erhalten und weiterentwickeln. Es werden Pflanzen mit besonderer Anpassung an die extremen Standortbedingungen und hoher Regenerationsfähigkeit verwendet. Die Pflanzen bilden einen weitgehend geschlossenen, flächigen Vegetationsbestand und entstammen vorwiegend der mitteleuropäischen Flora. Es kommen Moose, Sukkulenten, Kräuter und Gräser zur Anwendung.[31]

Das Begrünungsmaterial kostet 160 ~ 180 Yuan (ca. 20 - 22,50 Euro) / m², ein Dachgarten kostet 300 bis 405 Yuan (ca. 37,50 - 50 Euro) / m²; die Kosten für die Dachsanierung betragen 80 bis 100 Yuan (ca. 10 - 12 Euro) / m². Die Pflegekosten betragen im Allgemeinen je nach Wartung für ein einfaches grünes Dach etwa 5 Yuan (ca. 0,13 Euro) / m², bei einer Gartendachbegrünung etwa 15-20 Yuan (ca. 1,88 - 2,50 Euro)/ m². Die Gesamtkosten für eine einfache Begrünung reichen von 250 bis 290 Yuan (ca. 31 - 36 Euro) / m², für ein Dachgarten belaufen sie sich auf 500 - 600 Yuan (ca. 62 - 75 Euro) / m². Aufgrund

[29] Hoffmann, Fabry, 1998, S. 11-12.ff
[30] Hoffmann, Fabry, 1998, S. 12.ff
[31] Hoffmann, Fabry, 1998, S. 13.ff

der Beschränkungen des Stands der Technik sind die Kosten der Dachbegrünung für normale Bewohner derzeit relativ hoch.[32]

5.5 Mangelnde technische Ausführung

Aufgrund der besonderen Natur der Umwelt auf dem Dach unterscheiden sich begrünte Dächer sehr von der natürlichen Umwelt und der terrestrischen Umwelt. Deshalb muss die Auswahl eines begrünten Daches besonders sorgfältig durch Fachleute (Landschaftsarchitekten) erfolgen. Die wasserdichte Schicht muss korrekt installiert werden, um die Zerstörung durch Wurzeln zu vermeiden. Die falsche Auswahl von Pflanzsubstraten kann zu schlechtem Pflanzenwachstum führen und sogar Gefahren verursachen für die Festigkeit des Daches (durch Eindringen von Wurzeln in den Baukörper).

6 Dachbegrünung im internationalen Umfeld

In manchen Ländern ist die Dachbegrünung viel weiter fortgeschritten als in China. Nachfolgend wird die Situation in Deutschland, den USA und Japan geschildert, um mögliche Maßnahmen aufzuzeigen, an denen sich China potenziell orientieren könnte.

6.1 Deutschland

Deutschland ist das älteste Land der Welt, das Technologien und Richtlinien für Dachbegrünung entwickelt hat, und hat bereits in den 1960er Jahren damit begonnen, die Dachbegrünungstechnologie zu fördern. Im Jahr 1982 verabschiedete die Bundesregierung ein Gesetz zur Durchsetzung der Dachbegrünung: Von der Landesregierung bis zur Kreisebene wurden entsprechende Regelungen und Förderrichtlinien eingeführt. In Deutschland gibt es eine Vielzahl von

[32] Vgl. AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011),China state key laboratory of urban and regional ecology:S.6.ff

Fördermaßnahmen für umweltgerechtes und energieeffizientes Bauen. Einige Programme befassen sich auch mit der Dachbegrünung bei Neubauten und Sanierungen. Die Palette reicht von direkten finanziellen Zuschüssen über Kostenersparnisse bei den jährlichen Niederschlagswassergebühren bis hin zu zinsgünstigen Krediten. Manchmal übernimmt die Kommune aber auch einen Anteil, der zwischen 25 % und 100 % der anrechenbaren Herstellkosten liegen kann. Im Jahr 1998 wurde in dem Bundesgesetz der Bau von Gründächern als eines der Mittel zum ökologischen Ausgleich definiert. Damit wurde das grüne Dach in der Raumplanung als eine der

Abbildung 8: Dachgarten Wagnis 4 in München

Quelle: BERNHARD ROHNKE(2016), WRW FreiRaumArchitekten, https://www.landschafts-architektur-heute.de/projekte/details/3301

grundlegenden Anforderungen definiert. Auch sind in Deutschland die Kosten der Dachbegrünung günstig, sodass hier ein perfekter Markt für die Dachbegrünung entstanden ist, der erfolgreich vermarktet wird. Deswegen sind in Deutschland zahlreiche gute Projekte entstanden, z.B. das genossenschaftliche Wohnprojekt „Wagnis 4“ in München (siehe Abb. 8). Das Projekt beschäftigt sich mit einem wichtigen Zukunftsthema der Landschaftsarchitektur, der Ge-

staltung vielfältig nutzbarer, grüner, gleichzeitig naturnaher und ästhetisch ansprechender Gartenflächen auf Dächern.[33]

Die deutsche Politik zur Förderung von Gründächern lässt sich vor allem in den folgenden vier Aspekten zusammenfassen:

1. direkte staatliche finanzielle Unterstützung,
2. indirekte finanzielle Entlastung,
3. Anpassungsmaßnahmen in Stadtentwicklungsplanung einbezogen,
4. andere politische Anreize und Werkzeuge.

6.2 USA

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ist ein Klassifizierungssystem für ökologisches Bauen, das 1998 vom amerikanischen Green Building Council entwickelt wurde. Es ist eine weltweit verwendete Nachhaltigkeitszertifizierung und definiert eine Reihe von Standards für umweltfreundliches, ressourcenschonendes und nachhaltiges Bauen.[34] Dachbegrünung kann LEED-zertifizierte Werte erhöhen, um Bundes-, Staats- oder Kommunalfonds oder Subventionen zu erhalten. Das LEED-Bewertungssystem wurde von sieben Bundesstaaten der USA und in sieben Ländern der Welt eingeführt. Dachbegrünung kann die entsprechenden Bewertungskennzahlen in vielen Aspekten verbessern. In Großstädten gibt es dafür auch eigene repräsentative Fördermaßnahmen.

In Chicago verkündete die Regierung 2001 den „Energy Act“ für alle Neubauten und Dachsanierungen. Danach muss ein Mindeststandard an Sonnenlichtreflexion eingehalten werden, etwa durch die Einrichtung eines grünen Daches, um den Wärmeinsel-Effekt zu kontrollieren. Die Regierung bietet auch Anreize für Bodenbegrünungsprojekte, um die städtischen Grünflächen zu erweitern.

[33] Vgl.Bund Deutscher Landschaftsarchitekten
[34] Vgl.U.S. Green Building Council

Gleichzeitig finanziert die Stadtverwaltung die Einrichtung von Demonstrationsständen und Versuchsanlagen für Gründächer und druckt Listen der Pflanzen und Materialien, die bei den Versuchen verwendet werden.[35]

In Portland ist die Dachbegrünung hauptsächlich für öffentliche Gebäude vorgesehen. Die kommunale Regierungspolitik verlangt, dass neue öffentliche Gebäude begrünte Dächer mit einer Bedeckung von mehr als 70 % aufweisen und die übrigen Dachflächen mit umweltfreundlichen Materialien versehen werden müssen. Die Stadt erhebt auch für Gewerbe- und Industriegebäude eine monatliche Regen-Managementgebühr. Diese beträgt US$ 6,45 / 1000 Quadratfuß (ca. 93 m²) pro Monat für undurchlässige Dächer. Wenn die Grünfläche eines Daches mehr als 70 % beträgt, so werden die Gebühren um 35 % reduziert. Außerdem gibt es in Portland auch ein Dachbegrünungsprojekt, um das Grundflächenverhältnis zu belohnen. Die Höhe der Belohnung hängt von der Fläche ab, die von einem grünen Dach abgedeckt wird.[36]

In New York liegt der Fokus der Dachbegrünung auf der Dachbegrünung zur Verbesserung der Oberflächenwasserqualität und der städtischen Wärmeinseleffekte. Im Juni 2008 wurde in New York City ein Gesetz verabschiedet, wonach es eine Steuererleichterung zum Ausgleich der Grundsteuer von $ 48,44 / m² pro Jahr gibt, wenn mehr als 50 % der zur Verfügung stehenden Dachfläche mit Vegetation bedeckt ist. Bis zu einem Viertel der Kosten des Darlehens für die Einrichtung eines begrünten Daches, bzw. bis zu 100.000 Dollar, können so von der Steuer abgesetzt werden.[37]

6.3 Japan

Um die Verbreitung begrünter Dächer zu fördern, entwickeln japanische Beamte einerseits schwere Strafmaßnahmen und Kontrollen, während sie andererseits Belohnungen verteilen und bestimmte Interessen ausgleichen, um den

[35] Vgl.HUI CHEN,JUN REN,ZHONG DU (2017),Environmental science and management:S.3.ff
[36] Vgl.HUI CHEN,JUN REN,ZHONG DU (2017),Environmental science and management:S.4.ff
[37] Vgl.HUI CHEN,JUN REN,ZHONG DU (2017),Environmental science and management:S.4.ff

Bau grüner Dachkonstruktionen kräftig anzukurbeln. In dieser Maßnahmenreihe haben die Kommunen die Ziele, Kalkulationen und Berechnungsmethoden der Begrünungs- und Grünflächen definiert. Die japanische Regierung hat auch eine Reihe von Anreizmaßnahmen eingeführt. Sie gewährt zum Beispiel den Eigentümern von Dachgärten seit 1999 zinsgünstige Darlehen. Wenn bei einer Baufläche von mehr als 2000m² mehr als 40% der gesamten Dachfläche auf einen Dachgarten entfallen, können sie zinsgünstige Darlehen für entsprechendes Baukapital erhalten, und auch für das Hauptgebäude selbst können sie zinsgünstige Darlehen in Anspruch nehmen. Darüber hinaus führt auch das Volumenverhältnis zu Anreizen, wie zum Beispiel in Osaka, wo die Grünfläche pro 1m² Dach in eine effektive Freifläche von 0,2 m² umgewandelt werden kann. Inzwischen hat die japanische Regierung auch entsprechende Strafen eingeführt. In Tokio kontrolliert die städtische Bauverwaltungsbehörde, dass bei allen neuen Gebäuden mit einer Fläche von 1000 m² 20 % der Dachfläche eine Begrünung aufweisen muss; ansonsten ist eine Geldstrafe von mindestens 200.000 Yen (ca.1500 Euro) fällig.[38]

6.4 China – Shanghai (Kontaktaufnahme mit Prof. Wang Zhaolong)

Die bestehenden Dachbegrünungen in Shanghai haben nur einen Anteil von 0,19 % an allen Dächern, was weit entfernt von den 5 % bis 30 % Dachbegrünung anderer Industriestädte ist. Die bestehende Dachbegrünung beschränkt sich hauptsächlich auf einige Hotels und Bürogebäude. Größere Flächen an Dachbegrünung konzentrieren sich auf Krankenhäuser und Hochhäuser, während es derzeit auf großflächigen Wohnbauten nur wenig Dachbegrünung gibt. Die Dachlast bei neuen Wohnbauten in Shanghai ist über 250kg/m². Die Dachlast bei alten Wohnbauten ist rund 120 – 250kg/m². Die Extensivbegrünung und einfache Intensivbegrüng kann in Shanghai vollständig anbauen.

[38] Vgl.HUI CHEN,JUN REN,ZHONG DU (2017),Environmental science and management:S.6.ff

Die Gesamtentwicklung der Dachbegrünung in Shanghai ist aber ziemlich langsam.Obwohl begrünte Dächer als Grünfläche angerechnet werden können, gibt es noch viel Widerstand bei der Umsetzung. Zu diesem Zweck hat die Shanghai Green Management-Abteilung damit begonnen, die Entwicklung von Richtlinien und Vorschriften hinsichtlich der Umsetzung von mehr Dachbegrünung zu fördern und die entsprechenden Anreize zu erhöhen. Beispielsweise wurde damit begonnen, die Dachbegrünung von neuen Wohn- und Geschäftsgebäuden zu fördern.

Um genaue Informationen zu erhalten, gelang es dem Autor der vorliegenden Arbeit, Kontakt mit Professor Wang Zhaolong aufzunehmen. Professor Wang setzt sich in Shanghai für Gesetze, Richtlinien und Anreize für Dachbegrünung ein und hat hervorragende Dachbegrünungsprojekte initiiert und durchgeführt. Wang Zhaolong ist Professor an der School of Agriculture and Biology der Shanghai Jiaotong University und Experte für Dachbegrünung. Seinen Informationen zufolge bestehen die Anreize für Dachbegrünung in Shanghai hauptsächlich aus:

1) staatlichen finanziellen Subventionen und

2) der Umstellung auf die städtische Grünflächenrate (oder Greening-Rate).

Laut Professor Wang gibt es diverse "Sondermaßnahmen zur Unterstützung von Demonstrationsprojekten für Energieeffizienz und umweltbewusstes Bauen in Shanghai". Einige Beispiele dafür sind nachfolgend aufgeführt.

1) Ein Projekt im Einklang mit dem Green Building Demonstrationsprojekt, bei dem die Subvention für ein Zwei-Sterne-Green-Building 50 Yuan (ca. 6,25 Euro) pro Quadratmeter beträgt, und die Subvention für ein Drei-Sterne-Green-Building 100 Yuan (ca.12,50 Euro) pro Quadratmeter.

2) Projekte, die die Anforderungen für eine integrative Gebäudedemonstration mit einer Subvention von 100 Yuan (ca. 12,50 Euro) pro Quadratmeter erfüllen.

3) Projekte, bei denen es um die energieeinsparende Renovierung bestehender Gebäude geht. Hier gibt es Zuschüsse von 50 Yuan (ca. 6,25 Euro) pro Quadratmeter Nutzfläche für Wohngebäude.

Und die Förderfläche pro Quadratmeter wird mit 15 Yuan (ca. 1,30 Euro) subventioniert, wenn der Energieverbrauch der Gebäudefläche um 15 % (inklusive) auf 20 % reduziert wird.[39]

Auf Grund der Baukosten wird jedes Projekt anders sein, deswegen hat Professor Wang nur eine ungefähre Situation der Baukosten angeboten (Shanghai oder Umgebung):

1) Die Kosten für einen allgemeinen Dachgarten liegen zwischen 300 Yuan (37,50 Euro) und 5000 Yuan (625 Euro) pro Quadratmeter;
2) Sedumpflanzen (wie Buddha-Gras) für leichte Dachbegrünung: Die Kosten hierfür betragen zwischen 50 Yuan (ca. 6,25 Euro) und 300 Yuan (ca.37,50 Euro) pro Quadratmeter ;
3) Andere Formen der Dachbegrünung (wie Rasen oder Sedumpflanzen kombiniert mit kleinen Blumen und Sträuchern) Kosten zwischen 100 und 1000 Yuan (ca.12,50 - 125 Euro) pro Quadratmeter.

Gute Dachbegrünungsprojekte in Shanghai sind in den nachfolgenden Abbildungen (Abb. 9, 10, 11, 12) zu sehen.

[39] Vgl.SHANGHAI MUNICIPAL DEVELOPMENT AND REFORM COMSSION (2016):S.3.ff

Abbildung 9: Shanghai Yiyun Farm Roof Garden

Quelle: Prof. Wang Zhaolong (2016)

Abbildung 10: Shanghai Zichunse Farm Roof Garden

Quelle: Prof. Wang Zhaolong (2013)

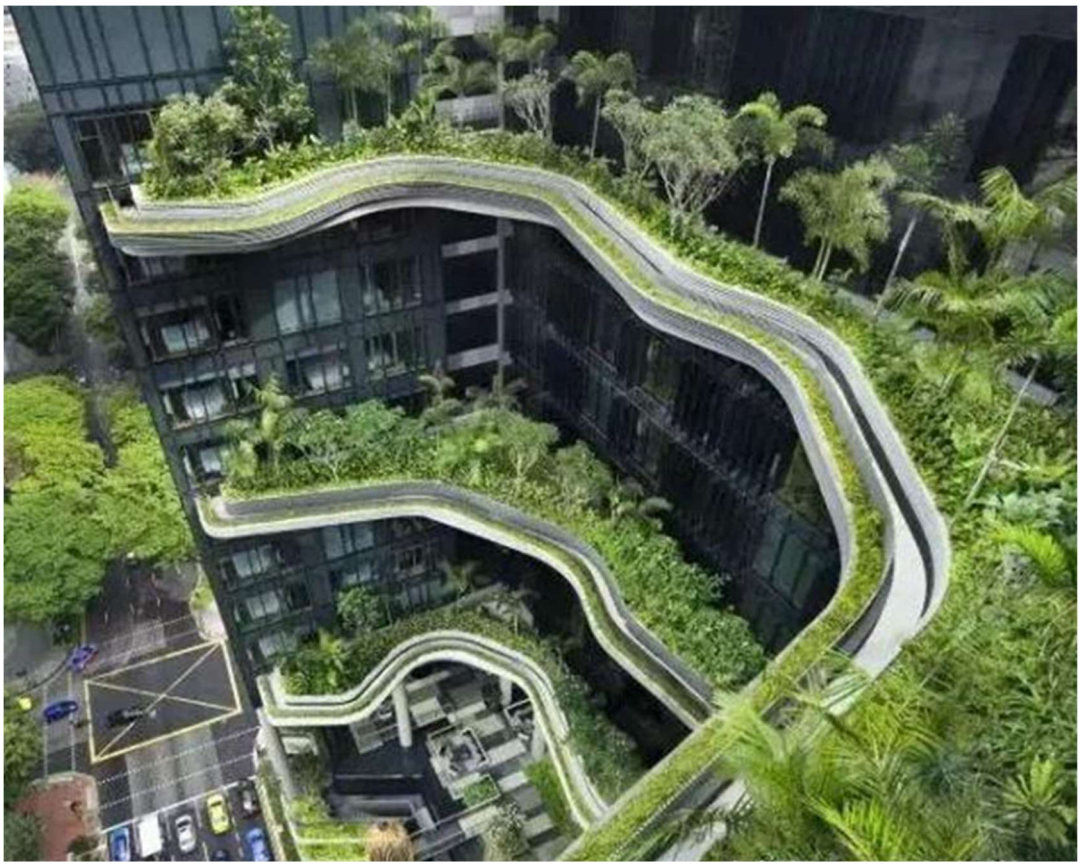

Abbildung 11: Shanghai K11 Roof Garden

Quelle: Prof. Wang Zhaolong (2018)

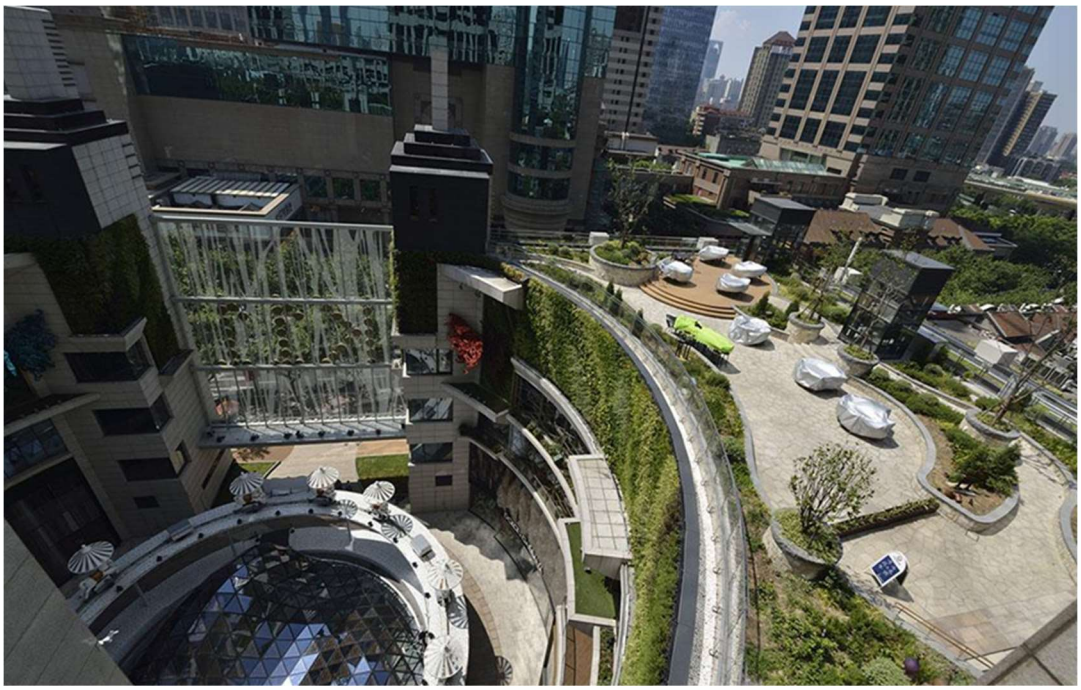

Abbildung 12: Shanghai K11 Roof Garden

Quelle: Prof. Wang Zhaolong (2018)

7 Maßnahmen zur Entwicklung der Dachbegrünung in China

Um die Entwicklung der Dachbegrünung in China voranzutreiben, sollten eine Reihe von unterschiedlichen Maßnahmen ergriffen werden, die in diesem Kapitel vorgestellt werden.

7.1 Stärkung des Umweltbewusstseins der Menschen bezüglich der Dachbegrünung

Grüne Dächer haben große ökologische, soziale und wirtschaftliche Vorteile. Sie können die gesamte städtische Umwelt verbessern und nicht nur die Stadt verschönern, sondern auch die Landschaft bereichern. Daher sollte die Werbung für grüne Dächer erhöht werden – im Fernsehen, im Internet, in Zeitungen und anderen Medien, in Schulen etc., sodass die Menschen mehr über begrünte Dächer, die Rolle der Technologie und den Umsetzungsprozess erfahren. Wenn die vielen vorhandenen Missverständnisse beseitigt werden, können mehr Menschen die Rolle der Dachbegrünung erkennen und verstehen und das Bewusstsein der Chinesen für den Umweltschutz wird geschärft.

7.2 Stärkere Unterstützung durch die Politik und bessere Finanzierungsunterstützung

Die chinesische Regierungspolitik sollte die Entwicklung von Richtlinien und Vorschriften hinsichtlich der Umsetzung von mehr Dachbegrünung fördern. Dies betrifft zahlreiche Bereiche wie Arbeitsprogramme und Stadtplanung, Architektur, Landschafts- und Stadtverwaltung und andere Abteilungen, in denen es um Zugeständnisse und Ermutigung hinsichtlich Entschädigungen, Investitionen, Kredite und ähnliche Dinge geht.

7.3 Stärkung der Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Fachbereichen

Dachbegrünung ist eine menschorientierte komplexe Technik. Sie ist ein kompliziertes systematisches Projekt, bei dem es nicht nur darum geht die natürliche Umwelt zu verbessern, sondern das auch einige wirtschaftliche Vorteile bietet. Zusätzlich spielen auch positive soziale Aspekte wie Entspannung, Freude sowie körperliche und geistige Gesundheit eine Rolle. Durch interdisziplinäres, fachbereichsübergreifendes Management wird an den Universitäten und Forschungseinrichtungen die Qualität der Ausbildung in Bezug auf den Anbau von Gründächern verbessert, indem die Aufsicht und Überprüfung für jede Leistungsphase sowie die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Abteilungen bzw. Fachbereichen gestärkt wird.

7.4 Stärkung der Technologieforschung und -entwicklung

Die Umsetzung der Dachbegrünung hängt mit dem Erfolg oder Misserfolg der Dachbegrünung zusammen, daher spielen verschiedene Technologien eine wichtige Rolle. Dazu gehören Abdichtung, Entwässerung und Wasserschutz, Maßnahmen gegen Durchwurzelung sowie Wartungstechnologien. Um die Anforderungen der täglichen Entwässerung und des Wasserabflusses bei Starkregen zu erfüllen, muss die Forschung zu Dachbegrünungstechnologien verstärkt werden. Für Städte im Norden sollte es eine Kombination aus Wasserschutz- und Wasserspeichertechnologien geben. Für Städte im Süden sollten Wasser- und Abwassertechnologien kombiniert werden, um ausreichend Wasser, gutes Wachstum und eine gute Landschaft zu erhalten. Was die Problematik der Durchwurzelung betrifft, so kann diese durch Domestizierung von einheimischen Arten, durch den Einsatz von Pflanzen mit kurzen Wurzeln und durch die erhöhte Verwendung geeigneter Materialien für die Wurzelschicht gelöst werden. Nach der Einrichtung eines grünen Daches ist eine rechtzeitige, kontinuierliche, wissenschaftlich unterstützte Wartung ebenso wichtig wie das

rechtzeitige Bekämpfen von Pflanzenschädlingen, um schadhafte Dachpflanzen zu minimieren. Alle Faktoren sollten umfassend betrachtet werden und die Technologien sollten systematisch auf Basis der tatsächlichen Bedingungen ausgewählt werden.

7.5 Gemüsegarten auf dem Dach

Beim Thema Dachbegrünung denken die meisten Menschen an Flachdächer, die mit genügsamen Magerwiesenpflanzen und verschiedenen Sedum-Arten bepflanzt sind (extensive Dachbegrünung). Solche Dächer bieten eine gute Isolierung, schützen das Dach selbst und haben ökologische Vorteile. Außerdem sehen sie dekorativ aus. Aber ein begrüntes Dach lässt sich auch noch ganz anders nutzen. Mit dem geeigneten Untergrund und einem angepassten Schichtaufbau kann ein Gründach auch als Garten genutzt werden: Wie in einem normalen Nutzgarten kann man hier Kräuter, Obst und Gemüse anbauen (intensive Dachbegrünung).

Wird eine Dachfläche als Garten genutzt, so hat das zunächst einen direkten Nutzen. Auch in der Stadt wird hierdurch die Selbstversorgung mit Obst, Salat und Gemüse ermöglicht. Begriffe wie „Urban Farming“ und „Urban Gardening“ bzw. im Deutschen urbaner Gartenbau spiegeln dies wider.

Der Anbau von Gemüse, Obst und Kräutern auf dem Dach ermöglicht die „grüne“ und gesunde Produktion von Biolebensmitteln. Dies ist besonders geeignet für chinesische Lebensgewohnheiten und Lebenspräferenzen, da speziell Gemüse in der chinesischen Küche eine große Rolle spielt. Somit können Gemüsegärten auf dem Dach eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Dachbegrünung in China spielen.

Eigentümer und Bewohner eines bepflanzten Gebäudes profitieren aber nicht nur direkt, sondern auch indirekt von einem grünen Dach. Ein Gründach dämmt im Sommer gegen Hitze, im Winter gegen Kälte. Die Dachhaut ist zudem geringeren Temperaturschwankungen ausgesetzt und hält dadurch länger. Auch

die Luftqualität verbessert sich im Umfeld von Gründächern.

7.5.1 Entwurf – Gemüsegarten auf dem Dach in Wuxi – intensiv und effizient

Der Entwurf eines Gemüsegartens in der Innenstadt von Wuxi beschäftigt sich mit einem wichtigen Zukunftsthema der Landschaftsarchitektur und der Entwicklung der Dachbegrünung in China. Der Gestaltung vielfältig nutzbarer, grüner, gleichzeitig naturnaher und ästhetisch ansprechender Gartenflächen auf Dächern als Ergänzung zu den knappen ebenerdigen Freiflächen, wobei – wie fast immer im Wohnungsbau – nur ein sehr begrenztes Budget zur Verfügung steht, aber gleichzeitig auch die Luft verbessert werden soll.

Besonderheiten des vorgestellten Projekts sind Materialwahl, differenzierte Substratplanung und Pflanzenverwendung, Integration der Gebäudetechnik, Gemeinschaftsnutzung und vor allem die intensive Partizipation der Nutzer, was die Planung, den Bau und den Unterhalt des Dachgartens angeht.

Wuxi (chinesisch 无锡市) ist eine bezirksfreie Stadt in der Volksrepublik China.

Wuxi liegt in der Provinz Jiangsu (siehe Abb. 13), zwischen Shanghai und Nanking (siehe Abb.14). Das Verwaltungsgebiet der Stadt Wuxi hat eine Fläche von 4787,61 km² und hatte Ende 2017 ca. 6,55 Mio. Einwohner.[40]

Abbildung 13: Lage der Provinz Jiangsu

Quelle: Google Maps (2018), https://www.google.com/maps

[40] Wikipedia

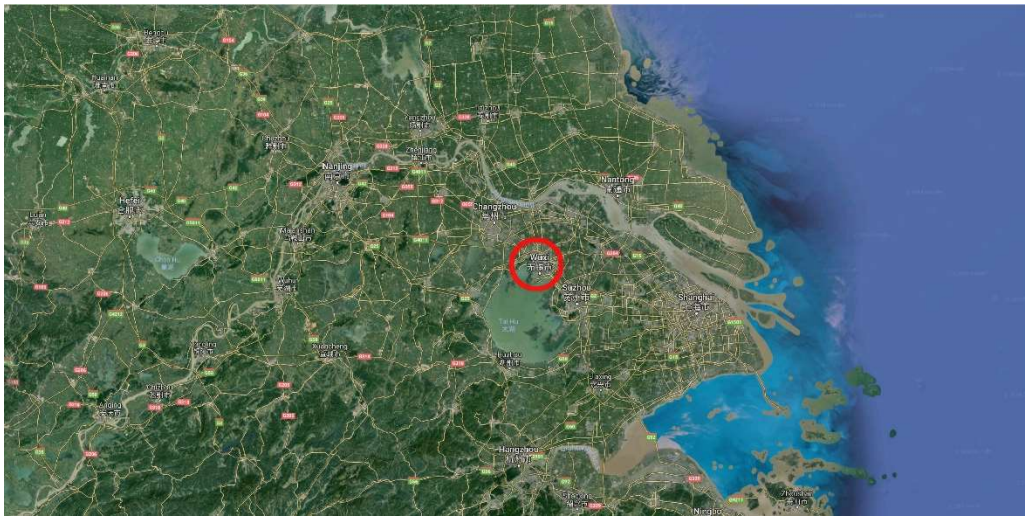

Abbildung 14: Lage von Wuxi

Quelle: Google Maps (2018), https://www.google.com/maps

Das genossenschaftliche Wohnprojekt mit ca. 18 Familien, für das dieser Entwurf entwickelt wurde, befindet sich in der Innenstadt in Wuxi in einer Gegend mit relativ wenig Grün. Der Autor dieser Arbeit ist hier zu Hause (siehe Abb.15).

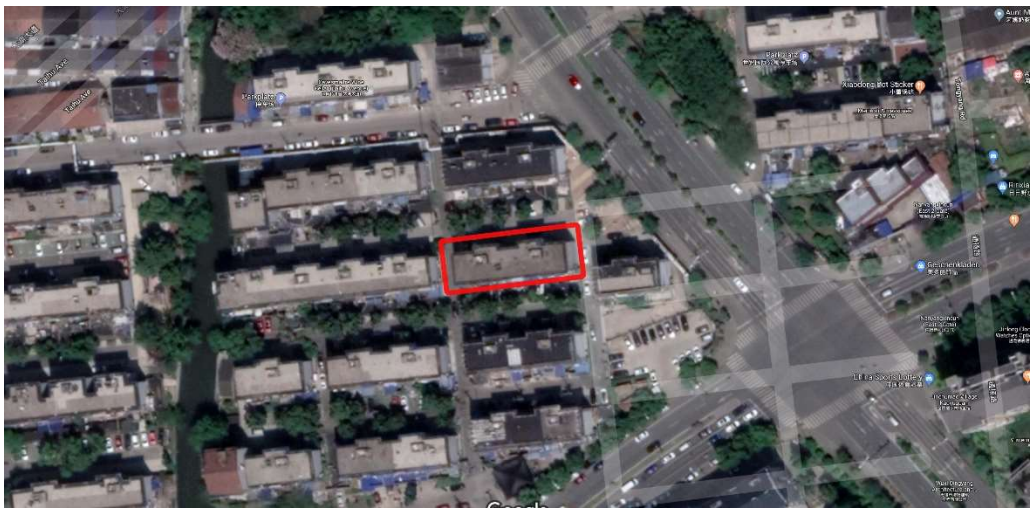

Abbildung 15: Lageplan

Quelle: Google Maps (2018), https://www.google.com/maps

Gewünscht werden mehrere Dinge gleichzeitig: viel Bambus, sonnige Grünflächen, Bewegungs- und Spielraum für Kinder, Gemüsegarten und Gewächshaus für die gesunde Produktion von Biolebensmitteln und vieles andere mehr.

Der Entwurf sieht vor, die zwei ruhe- und sonnenbedürftigen Erholungsgebiete mit zwei Bänken und einer Bambuswand in der Mitte des Gewächshauses auszulagern, und hier Bewegungs- und Spielraum für Kinder sowie Erholungsraum für Ältere zu ermöglichen. Das Dach nimmt Anbauflächen mit sechs Gemüsebeeten auf, mit einem Gewächshaus in der Mitte. Vor dem Gewächshaus befinden sich vier gemeinschaftliche Kompostbehälter. (siehe Anhang 1).

Abbildung 16: Visualisierung

Quelle: eigene Planzeichnung

Die Gemüsebeete sollen jeweils von 2-3 Familien nebeneinander bewirtschaftet werden. Ähnliches gilt für das Gewächshaus, dessen Kosten und Bauaufwand sich acht Familien teilen sollen. Die Nutzung und Pflege soll durch die Bewohner erfolgen. Gehölze, Stauden und Gemüse sollen in handwerklich vorgefertigten großen Trögen aus rohem Stahl wachsen.

Abbildung 17: Visualisierung

Quelle: eigene Planzeichnung

Abbildung 18: Visualisierung

Quelle: eigene Planzeichnung

Abbildung 19: Visualisierung

Quelle: eigene Planzeichnung

In dem Entwurf (siehe Anhang 1) wird der Anteil an Belagsflächen auf das erforderliche Mindestmaß reduziert. Geringe Belastungen ermöglichen „billige“ Wegeflächen aus liegenden, mit großen Fugen und ohne Einfassung eingebauten Betonleistensteinen und eine Aufweitung als Holzdeck.

Die Nutz- und Ziergartenflächen sollen sehr intensiv angenommen werden. Die Bewohner sollen sich allein und in kleinen Gruppen dorthin zurückziehen können oder sich zum Chillen und Grillen auf dem Dach treffen. Damit können sich auch die unbefestigten Freiflächen im Hof mit der großen Obstwiese „grüner“ entwickeln, als man das in dieser innerstädtischen Lage erwarten würde.

Die Dachlast bei Neubauten in Wuxi ist über 250kg/m². Das Objekt wurde in den 1980er Jahren gebaut,die Dachlast ist rund 150 – 200kg/m² (Kontaktaufnahme mit Wuxi municipal commision of housing and urban-rural development).

Aber die Statische und konstruktive Voraussetzungen am Gebäude müssen gegeben sein und durch einen Statiker nachgewiesen sein.Regenwassermanagement muss auch nachgewiesen sein .Eine Systemlösung siehe Abb.20.

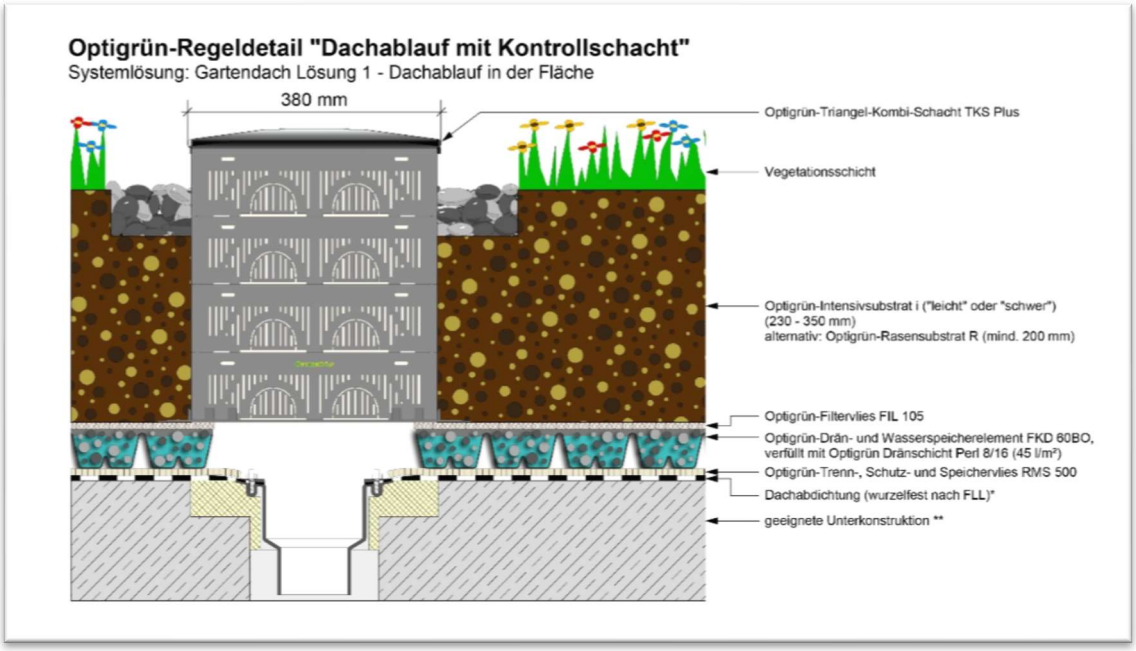

Abbildung 20: Systemlösung:Gartendach Lösung-Dachablauf in der Fläche

Quelle: OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG, https://www.optigruen.de/planerportal/cad-zeichnungen/produktloesungen/

8 Schlusswort

Dachbegrünung hat in jeder Hinsicht große Vorteile. Die Technik dafür wurde im Ausland nach langer Erkundung und Praxis perfektioniert und gilt heutzutage als ausgereift. Damit bietet sie eine gute Referenz für die Entwicklung der Dachbegrünung in China. Die chinesische Regierung sollte die einschlägigen Gesetze und Verordnungen ständig verbessern, finanzielle Subventionen stärken, technische Standards vereinheitlichen, einschlägige Branchenorganisationen fördern und die Öffentlichkeitsarbeit und Bildung für die gesamte Gesellschaft stärken. Durch gemeinsame Anstrengungen von Regierungsabteilungen, wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen und damit verbundenen Unternehmen kann die Dachbegrünung in China in Zukunft große Fortschritte machen und auch wichtige Beiträge zur Stärkung des Umweltschutzes in China leisten.

Dachbegrünung ist das wichtigste Mittel zur Begrünung und Verschönerung der Stadt im 21. Jahrhundert. Die Begrünung der Dächer, der „fünften Fassade“ eines Gebäudes, ist ein wichtiger Teil der dreidimensionalen Begrünung einer Stadt und ein großer Schritt in der Stadtlandschaft. Heutzutage verbreitet sich die Dachbegrünung im Ausland rasant. Dachbegrünungsprojekte erfreuen sich in den USA, in Westeuropa, Australien, Japan, den Niederlanden, Italien und anderen Ländern großer Beliebtheit und der Markt boomt. Obwohl die Dachbegrünung in China noch mit einigen ungünstigen Faktoren zu kämpfen hat, ist ihre Entwicklung doch der allgemeine Trend. Die Förderung der Dachbegrünung, die Erkundung von Grünflächen und die Gestaltung von städtischen Luftbildungssystemen sind von unschätzbarem Wert für die Verbesserung der Lebensbedingungen, die Verbesserung der Lebensqualität und die Verschönerung der städtischen Umwelt. Nur durch den Einsatz intelligenter Systeme für den Bau eines zukünftigen ökologischen Wohngebäude und die Förderung einer „grünen Baukultur“ können Wohngebäude wirklich zu grünen Gebäuden werden.

9 Quellenverzeichnis

9.1 Literaturquellen

LUFTBEWUSST.DE: Was ist Smog? Entstehung und Auswirkungen

https://luftbewusst.de/umwelt/was-ist-smog/ (Access 13.09.2018)

MICHAEL BRAUER (2016) Institute for Health Metrics and Evaluation: Poor air quality kills 5.5 million worldwide annually
http://www.healthdata.org/news-release/poor-air-quality-kills-55-million-worldwide-annually (Access 13.09.2018)

XIANG ZHENG, ZHENG RUIJIE, GAO RONGHA (2016) ,Liaoning Institute of Economic Forestry: Roof greening status and development suggestions in China

PEOPLE'S DAILY(Aug.2015) Zeitung der Volksrepublik China: Promote development and transformation with ecological civilization construction

http://www.gov.cn/zhengce/2015-08/25/content_2919222.htm (Access 13.09.2018)

MU QUAN, ZHANG SHI-QIU (Jan.2013), College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University: An evaluation of the economic loss due to the heavy haze during January 2013 in China

XIANMIN WANG (2013): Roof garden design and case study

HOFFMANN, T., FABRY, W. (1998): Regenwassermanagement – natürlich mit Dachbegrünung.GaLaBau-Service GmbH. Bad Honnef.

BAFU (2013):PM10 und PM2.5 Immissionen in der Schweiz. Aufgerufen am 1. März 2017: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/publikationen-studien/publikationen/pm10-und-pm2-5-immissionen-in-der-schweiz-zusammenfassung.html. (Access 13.09.2018)

MINISTRY OF HEALTH SINGAPORE (Jan.2015): Impact of Haze on health

https://www.healthhub.sg/live-healthy/327/impact_haze_on_health (Access 13.09.2018)

HANLIN FEI , GUOJIAN MIN (2014), Beijing Jiaotong University: Roof Greening is an Important Way of Haze Governance

China National Environmental Monitoring Centre: http://www.cnemc.cn/ (Access 13.09.2018)

China Ambient air quality standards (2012)

TENCENT TECHNOLOGY (Dez.2015): Causes, harm and solutions of smog in China

MINISTRY OF HOUSING AND URBAN-RURAL DEVELOPMENT OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA (2016): Statistical Report on Urban and Rural Construction
http://www.mohurd.gov.cn/xytj/tjzljsxy_
tjgb/tjxxtjgb/201708/t20170818_232983.html (Access 14.09.2018)

TAO ZHOU (2012), **Journal of North China Electric Power University**: Study on the Causes and Control Measures of the Weather in Beijing

AIXIN CAO, CHUANBIN ZHOU (2011), China state key laboratory of urban and regional ecology:The problems and countermeasures of roof greening in China

BUND DEUTSCHER LANDSCHAFTSARCHITEKTEN (2016): Dachgarten wagnis 4**:** https://www.landschaftsarchitektur-heute.de/projekte/details/3301 (Access 16.09.2018)

WANG JUNLI (2005), China Xianyang Vocational Technical College: A Brief History, Present Situations of Green Roof and Ways to Develop It.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL:https://new.usgbc.org/ (Access 26.09.2018)

HUI CHEN,JUN REN,ZHONG DU (2017),Environmental science and management: The function of roof greening and development at home and abroad

SHANGHAI MUNICIPAL DEVELOPMENT AND REFORM COMSSION(2016): Sondermaßnahmen zur Unterstützung von Demonstrationsprojekten für Energieeffizienz und umweltbewusstes Bauen in Shanghai

9.2 Abbildungsquellen

Abb. 1: Smog in Peking im März 2013. Quelle: Fotograf Shan Ming 2017, http://tech.qq.com/a/20151209/024884.htm

Abb. 2: Eindringtiefe von Feinstaub in die Atemwege. Quelle: BAFU (2014). Luftverschmutzung und Gesundheit. Aufgerufen am 1. März 2017, http://luftlabor.ch/wintersmog

Abb. 3: Monatsmittelwerte für PM2.5 im Jahr 2017 in China. Obere Reihe links März, rechts Juli; untere Reihe: links Oktober, rechts Dezember. Quelle: China National Environmental Monitoring Centre, http://www.cnemc.cn/

Abb. 4: Aufzeichnung der Luftverschmutzung in Peking im Jahr 2016. Von links nach rechts: Dezember, Januar, März, Juli, September, Oktober, Dezember. Quelle: Liu Liu(2016), http://hope.huanqiu.com/exclusivetopic/2013-03/3752902.html

Abb. 5: die Hängenden Gärten von Babylon
Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%A4ngende_G%C3%A4rten_der_Semiramis

Abb. 6: Dachbegrünung in Peking. Quelle: https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_1342408

Abb. 7: Shanghai Natural History Museum. Quelle: James and Connor Steinkamp (2015), https://www.archdaily.cn/cn/770057/shang-hai-zi-ran-li-shi-bo-wu-guan-perkins-plus-will

Abb. 8: Dachgarten Wagnis 4 in München
Quelle: BERNHARD ROHNKE(2016), WRW FreiRaumArchitekten,
https://www.landschaftsarchitektur-heute.de/projekte/details/3301

Abb. 9: Shanghai Yiyun Farm Roof Garden (2016).Quelle: Prof. Wang Zhaolong

Abb.10: Shanghai Zichunse Farm Roof Garden (2013).Quelle: Prof. Wang Zhaolong

Abb. 11: Shanghai K11 Roof Garden (2018).Quelle: Prof. Wang Zhaolong

Abb. 12: Shanghai K11 Roof Garden (2018).Quelle: Prof. Wang Zhaolong

Abb. 13: Lage der Provinz Jiangsu

Quelle: Google Maps (2018) Bearbeitung von Autor,
https://www.google.com/maps

Abb. 14: Lage von Wuxi
Quelle: Google Maps (2018) Bearbeitung von Autor,
https://www.google.com/maps

Abb. 15: Lageplan
Quelle: Google Maps (2018) Bearbeitung von Autor,
https://www.google.com/maps

Abb. 16: Visualisierung (2018), Quelle: eigene Planzeichnung

Abb. 17: Visualisierung (2018), Quelle: eigene Planzeichnung

Abb. 18: Visualisierung (2018), Quelle: eigene Planzeichnung

Abb. 19: Visualisierung (2018), Quelle: eigene Planzeichnung

Abb. 20: Systemlösung:Gartendach Lösung-Dachablauf in der Fläche
Quelle: OPTIGRÜN INTERNATIONAL AG,
https://www.optigruen.de/planerportal/cad-zeichnungen/produktloesungen/

10 Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum	Unterschrift