



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Stadtökologie
- Grüne Fassaden und lebende Zäune in über 3200m Höhe -
La Paz, Bolivien

DIPLOMARBEIT

vorgelegt am
Lehrstuhl für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
Prof. Dr. Manfred Köhler
Hochschule Neubrandenburg - University of Applied Science

betreut in La Paz von Dr. Margot Franken
Universidad Mayor de San Andrés

Von Florian Heinrich Beck

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0136-7

La Paz, Bolivien, September 2009

Kurzfassung

Die unaufhörlich wachsenden Großstädte sind wegen der von Menschen verursachten starken Kontamination und der Umwandlung von Naturlandschaften in versiegelte Wüstenlandschaften ins Auge der Ökologen gelangt. Um diesen unwürdigen Zementfluren entgegenzuwirken, wird in den letzten Jahren die Renaturierung propagiert. Für viele Städte, sowie für die Stadt La Paz, existiert keine tiefgreifende Studie, die den Begrünungsgrad misst, noch weniger die Begrünung an Mauern und Gebäudefassaden oder Hecken quantitativ und qualitativ erfasst.

In erster Linie wird in dieser Arbeit die Naturation in Form der oben genannten vertikalen Begrünungen für die Stadt La Paz erfasst, indem die Grundstücke von 46 Häuserblöcken in verschiedenen Stadtvierteln und Höhenstufen aufgenommen wurden. Zusätzlich wurde für zwei Häuserblöcke der Biotopflächenfaktor gemessen, der ein sehr genaues Abbild des Versiegelungsgrades darstellt.

Die Studie bestätigt, dass die Verwendung von Fassaden- und Mauerbegrünung wie auch der Einsatz von vertikaler Begrünung durch lebende Zäune stark mit dem sozioökonomischen Aspekt und vor allem mit der Höhenlage zusammenhängt. So zeigt sich, dass in tieferen Lagen, wo die einkommensstärkeren Einwohner leben, vertikale Begrünungen eindeutig mehr eingesetzt werden als es in höher liegenden und einkommensschwächeren Wohnvierteln der Fall ist. Jedoch zeigt die Studie auch, dass allgemein sehr wenig Stadtgrün vorhanden ist und der Einsatz von Gebäudebegrünung noch spärlicher ist, d.h. es gibt sehr viel Arbeitsbedarf. In höheren Lagen, in Zentrumsnähe ist der Versiegelungsgrad extrem hoch, so ist dort ein BFF-Wert von 0,07 gemessen worden, während in der Südzone der BFF-Wert bei 0,48 liegt. Um der geringen Naturation in oberen Stadtteilen und im Zentrum entgegenzuwirken, wird in der Arbeit eine theoretische Planung zu einer Fassadenbegrünung zu einem bestehenden Bauwerk in La Paz aufgezeigt, das als Beispiel für die zukünftige Stadtentwicklung dienen soll.

Abstract

Since the cities have grown and now more than half of the world population is living in huge cities, ecological problems have increased enormously, and become bigger and more evident. In the last years the contamination has got into the eyes of urban planners. The reestablishment of nature in cities has been popularized, labelled Naturation.

This thesis was done in order to understand and explain the naturation of La Paz. The study contains a quantitative and qualitative research of green walls, facades and living fences (hedges), called in this thesis vertical greenery. In 46 residential zones, one block of house was investigated by scrutinizing the structure of urban development (residential area, street name, altitude, population of the block, parcel utilization) and the status of naturation (sealing-grad of the parcel, the type, size, structure and exposition of the vertical greenery plus the plant species). The result shows that naturation depends much on the socioeconomic rank of the habitants and on the altitude. So that in the southern areas of La Paz, where the richer people live, vertical greenery is much more used than in the northern uptown, where the less earning citizens live. Overall, naturation in La Paz is still quite infrequently applied, particularly the use of green facades is not at all established. As an additional research, in two different residential quarters, a BFF-study that measures the sealing-degree was made. The outcome shows a BFF-value of 0,07 in the residential block near the downtown and a BFF-value of 0,48 for a residential block in the southern part of the city. In order to renature cities and as an example for modern urban planning, a green facade design for a building in the downtown of La Paz is presented.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Prof. Dr. M. Köhler und Dr. M. Franken für die Unterstützung und Betreuung dieser Arbeit bedanken. Besonderer Dank geht an M. Franken, die mir die Arbeit in La Paz durch Anregungen und Vorschläge erleichtert hat und mit kritischer Durchsicht zur Entstehung der Diplomarbeit entscheidend beigetragen hat. Ich bedanke mich bei allen Freunden, die mir während dieser Zeit zur Seite gestanden haben.

Nicht zu vergessen, möchte ich mich bei meinen Eltern herzlich bedanken, die mich während meiner ganzen Ausbildung in vielerlei Hinsicht unterstützt haben.

Danke.

Inhaltverzeichnis

KURZFASSUNG	2
ABSTRACT	3
DANKSAGUNG	4
1. EINLEITUNG	7
1.1 EINFÜHRUNG	7
1.2 AUFBAU DER ARBEIT	7
1.3 WARUM BEGRÜNUNG IN AGGLOMERATIONS-RÄUMEN WICHTIG IST	8
1.4 ZIELSETZUNG DER ARBEIT	10
1.5 BEGRIFFSDEFINITIONEN	10
2. DAS UNTERSUCHUNGS- GEBIET	12
2.1 DIE NATURRÄUMLICHE EINORDNUNG VON LA PAZ UND BESCHREIBUNG DER STADT	12
2.2 DIE SOZIOÖKONOMISCHE BEVÖLKERUNGSSITUATION IN LA PAZ	13
2.3 DIE MAKROKLIMATISCHEN BEDINGUNGEN VON LA PAZ	15
2.4 DAS GRÜN UM UND IN LA PAZ	18
3. METHODIK	20
3.1 DIE ERHEBUNGEN ZU VERTIKALEN BEGRÜNUNGEN	20
3.2 ERFASSTE PARAMETER IN DER FELDARBEIT	21
3.2.1 <i>Standort und Gebäudestruktur</i>	21
3.2.2 <i>Vertikale Begrünung</i>	21
3.2.3 <i>Pflanzenbestimmung</i>	22
3.2.4 <i>Wuchsfreudigkeit und Vitalität</i>	23
3.3 BILDUNG VON KLASSEN UND GRUPPEN	24
3.3.1 <i>Höhenstufen</i>	24
3.3.2 <i>Eigenschaften der Arten</i>	24
3.4 EINE ZUSÄTZLICHE ERHEBUNG – DER BIOTOPFLÄCHENFAKTOR	28
3.5 RECHERCHE UND DATENAUFBEREITUNG	31
3.6 BEISPIELPLANUNG ZU EINER FASSADENBEGRÜNUNG IM ZENTRUM VON LA PAZ	32
4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	33
4.1 ERGEBNISSE DER AUFNAHMEN 2009	33
4.1.1 <i>Siedlungsstruktur und Naturation</i>	34
4.1.3 <i>Korrelation zwischen Naturation und architektonischer Struktur sowie Bevölkerungsdichte</i>	41
4.1.4 <i>Artenvielfalt</i>	43
4.1.5 <i>Vergleich mit früheren Erhebungen</i>	45
4.2 EIGENSCHAFTEN DER ARTEN	46
4.2.1 <i>Herkunft der Arten</i>	46
4.2.2 <i>Funktionsnutzung der Arten</i>	47

4.2.3. <i>Wuchsform der Arten</i>	49
4.3 ERGEBNISSE DES BIOTOPFLÄCHENFAKTORS	52
4.4 BEGRÜNUNG DES GEBÄUDES „CLUB LA PAZ“ ALS BEISPIEL ZUKÜNFTIGER NATURATION IM ZENTRUM DER STADT	54
4.4.1 <i>Lage des Gebäudes</i>	54
4.4.2 <i>Planung der Begrünung</i>	55
5. ZUSAMMENFASSENDER AUSWERTUNG UND EMPFEHLUNGEN ZUR FASSADENBEGRÜNUNG IN LA PAZ	58
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	60
TABELLENVERZEICHNIS	61
LITERATURVERZEICHNIS	62
ANHANG	65

1. Einleitung

1.1 Einführung

Durch den ständigen Zuwachs von Menschen in Städten, mit 2% jährlich weltweit, lebt heute schon mehr als 50% der Weltbevölkerung in urbanen Zentren (UN-HABITAT 2008). Die stadtökologischen Probleme sind dadurch in den letzten Jahren weltweit immer stärker sichtbar geworden. Die Belastung von Klima, Boden, Wasser und Luft ist vor allem in Ballungsräumen von Entwicklungsländern und Schwellenländern sehr hoch. Die finanziellen und sozialen Bedingungen in diesen Gesellschaften lassen oft andere Prioritäten setzen anstelle von Umweltschutz, bzw. umweltverträglicherem Handeln. Um die Harmonisierung zwischen gebauter Umwelt und Natur sicher zu stellen und zu verbessern, müssen ökologische Maßnahmen zur Verringerung der Verschmutzung in Metropolen und Grosstädten ergriffen werden. Eine wichtige Maßnahme, um den ökologischen Fussabdruck zu mindern, ist die Begrünung der Städte durch Pflanzen (KÖHLER 2008), die sogenannte Renaturierung der Städte. In erster Linie denkt wohl jeder an die städtischen Parkanlagen, Alleen, Baumreihen und Grünstreifen an öffentlichen Strassen und Plätzen. Doch die privaten Grünflächen sind in vielen Orten nicht mehr wegzudenken. Grüne Gärten, lebende Zäune und grüne Fassaden sind in vielen Wohngebieten zu einem Charakteristikum geworden. Jedoch lässt die Situation vor allem in den Zentren von Ballungsräumen, wie auch in La Paz, Bolivien, zu wünschen übrig. Um die Begrünung in diesen stark versiegelten Stadtteilen von La Paz zu verbessern, bzw. zu verbreiten, ist es wichtig die Ausgangs-Situation zu kennen.

1.2 Aufbau der Arbeit

Am Anfang der Arbeit wird die Bedeutung der Begrünung von Städten erklärt. Anschließend werden die Ziele bestimmt und Begrünungsbegriffe, die für die hiesige Arbeit wichtig sind, definiert.

Die naturräumliche Gliederung, die sozioökonomische Bevölkerungssituation, die makroklimatischen Bedingungen und eine allgemeine Beschreibung zum Bild der Stadt La Paz folgen im zweiten Kapitel.

Im dritten Kapitel wird die Methodik beschrieben. Dabei werden der Vorgang und die Analyse der Bestandsaufnahmen erklärt, sowie die erfassten Parameter genannt.

In Kapitel vier werden die Ergebnisse präsentiert und, mit der gesammelten Information als Grundlage, soll als Beispiel für moderne Stadtplanung eine theoretische Planung für die Fassadenbegrünung eines realen Gebäudes dargestellt werden.

Zum Abschluss der Arbeit werden die Eckdaten und Empfehlungen zur Begrünung von Gebäuden in La Paz zusammengefasst.

1.3 Warum Begrünung in Agglomerationsräumen wichtig ist

Die Begrünung der Städte ist für ein ausgeglichenes Stadtklima im weitesten Sinne sehr wichtig. Die anthropogenen Einwirkungen, unter anderem Wohnen, Industrie und Verkehr, sind in diesen Gebieten besonders prägend (SUKOPP & WITTIG 1998). Durch diese Einflüsse wird der natürliche Lebenskreislauf, inklusive der Lebensräumen von Pflanzen und Tiere, zerstört, das Klima entscheidend verändert (Wärmeinseleffekt, Reduktion der Luftfeuchte etc.), die Bodeneigenschaften gewandelt (Versiegelung, Verdichtung, Alkalisierung etc.) und massiv in die lokale Wasserbilanz eingegriffen.

Aus diesem Grund ist es wichtig, die negativen menschlichen Eingriffe so weit wie möglich zu kompensieren. Durch eine naturgerechte Begrünung der Stadt kann gewissermaßen der Schaden ausgeglichen werden. Eine praktizierte Begrünungsform mit äußerst wenig Flächenverbrauch ist die Bepflanzung von Fassaden und Mauern oder die alternative Begrenzung von Grundstücken durch lebende Zäune.

Pflanzen dienen zur Stabilisierung des Klimas, indem sie Wasser speichern, das sie im Laufe des Tages wieder abgeben (KLEEBERG 1995). Vor allem bei starken Regenfällen fungieren Pflanzen als „Entschleuniger“ und lassen das Regenwasser langsam durch Blätter und Geäst filtern. Zudem wird durch diesen Vorgang der Aufprall auf den Erdboden reduziert, was wiederum ein schnelles Erdabtragen

verhindert. Die dreidimensionale Struktur der Pflanze weist zudem eine viel größere Oberfläche auf als eine flache Wand, so dass nach KLEEBERG (1995) Pflanzenbegrünungen den Staubgehalt der Luft bis zu 70% senken können. Pflanzen reinigen die Luft und wandeln Kohlenstoffdioxid in Sauerstoff um. Vor allem als Heckenstruktur, aber auch als zusätzliche Begrünung an Fassaden und Mauern, bieten Pflanzen Lärm- und Windschutz (KRUSCHE et al. 1982). Die große Oberfläche und die vielseitige Struktur der Pflanze sind hierfür ebenfalls ausschlaggebend. Auch bilden lebende Zäune eine ästhetische Alternative zu Grundstücksmauern und dienen bei guter Planung und Pflege als Sichtschutz (KOLB 2007). Die besonders starke Sonneneinstrahlung, vor allem die UV-Strahlen, die auf der Höhe von La Paz extrem wirken, werden von Pflanzen besser absorbiert als von vielen alternativ verwendeten Baumaterialien. Die meisten Pflanzen besitzen eine mindestens ebenso lange Lebensdauer wie die Gebäude und sind bei guter Planung und Pflege nicht aufwendiger, sondern oftmals günstiger in der Instandhaltung bzw. Pflege, da die Pflanzen die Fassaden vor Witterungseinflüssen schützen (GUNKEL 2004). Zudem leisten begrünte Fassaden eine zusätzliche Isolationsfunktion, ein Luftpolster zwischen Gebäudefassade und Pflanze schützt vor extremer Wärme oder Kälte (KÖHLER 1995). Oft wird auch von einer psychologischen Bedeutung durch die optische, ästhetische Wirkung der Pflanze gesprochen, die das Wohn- und Arbeitsumfeld und somit das Wohlempfinden der Anwohner verbessern (FINKE & OSTERHOFF 2001, FLL 1983, GUNKEL 2004). *„In einer Liste von 16 Bedürfniskategorien beziehen sich 11 allein auf dieses Mensch-Natur-Verhältnis.“* (FLL 1983, S. 29.). Vor allem in peripheren Stadtteilen ist diese Begrünungsform noch sehr mit der Nutzung der Pflanze als zusätzliches Nahrungsmittel verbunden (KLEEBERG 1995).

Ein immer wichtiger werdender Aspekt der Bepflanzung ist der Artenschutz. Durch eine gut gewählte Begrünung können bedrohte oder seltene Arten erhalten und die Vielfalt gefördert werden. Eine mit Pflanzen bewachsene Wand kann vor allem Insekten und Vögeln einen Nistplatz geben. Für viele Tiere entsteht so ein neuer Lebensraum (FINKE & OSTERHOFF 2001; KÖHLER 1993).

1.4 Zielsetzung der Arbeit

Diese Arbeit widmet sich der Naturation in Form von Fassadenbegrünung, begrünten Grundstücksmauern und lebenden Zäunen der Stadt La Paz. Basierend auf der eigenen Vorstudie von 2007 und weiteren Vorstudien bolivianischer Wissenschaftler seit 1997 (FRANKEN & PINTO unveröff.) wird eine erweiterte Bestandsaufnahme durchgeführt. Anhand verschiedener Gesichtspunkte, speziell in Bezug auf die Höhenverteilung und Stadtviertel, soll eine quantitative und qualitative Erhebung der vertikalen Begrünung erfolgen, die auch die Charakteristiken der Pflanzenarten berücksichtigt, unter anderen Aspekten Herkunft, Verbreitung, Ansprüche, ökologische Funktion und Nutzung.

Ziel ist es:

1. einen Überblick der Naturation in Form von vertikaler Begrünung der Stadt La Paz zu erhalten.
2. eine umfassende Artenliste der aktuell verwendeten Pflanzen zu erstellen, mit allen erforderlichen Zusatzdaten zu ihrem Einsatz und Nutzen.
3. und aufgrund dieser Daten eine Beispielstudie für die Begrünung der eng bebauten Innenstadt zu erstellen, die auch als Grundlage für die künftige Stadtplanung dienen kann.

1.5 Begriffsdefinitionen

Naturierung oder Naturation: ist die Wiederbegrünung von besonders dicht besiedelten Stadtgebieten, die einen hohen Grad an Versiegelung aufweisen und somit keine oder wenig Freifläche darbieten. Die gesetzten Pflanzen nutzen die architektonischen Strukturen als Untergrund, wie z.B. als Klettergerüst. Unter Naturation versteht man grüne Fassaden und Mauern, die Nutzung der Pflanzen als architektonische Elemente, z.B. als lebende Zäune und Pergolen, und auch die Begrünung von Dächern (IASP 2000).

Fassadenbegrünung: KÖHLER (1993) definiert Fassadenbegrünung als: „... *Begrünung vertikaler Flächen durch Pflanzen mit Bodenanschluß. Wenn aufgrund*

der Höhe eines Gebäudes ein Anschluß an den natürlichen Boden nicht möglich ist, kann eine spezielle Pflanzstelle in Gefäßen oder Trögen als Hilfsmittel eingesetzt werden. Man unterscheidet einerseits Direktbegrünungen mit Selbstklimmern, das heißt, die Pflanzen haften direkt an der Wand, und Gerüstbegrünungen für Schlingpflanzen, Spreizklimmer und Ranken andererseits, die Halt an Kletterhilfen finden müssen, um vertikal an glatten Gebäudeoberflächen wachsen zu können.

Fassadenbegrünung = Gebäude + Kletterpflanze“

Da die meisten Grundstücke in La Paz von einer mehrere Meter hohen Mauer eingefasst sind, muss diese Definition folgendermaßen ergänzt werden.

Grüne Fassaden: sind Grundstücksmauern oder Gebäudewände, die von Pflanzen bedeckt sind. Die Pflanzen wachsen angrenzend am Mauerwerk, müssen sich jedoch nicht unbedingt an der Fassade festhalten. Somit wird eine beschnittene Zypressenstruktur vor einer Wand oder Mauer als Fassadenbegrünung gewertet.

In dieser Arbeit werden die Begriffe Fassadenbegrünung und Mauerbegrünung streng getrennt genutzt, da einige positive Wirkungen der Begrünung nur für Gebäude zutreffen, wie z.B. die Isolierungsfunktion, die nur für ein Gebäude aber nicht für eine Grenzmauer nützlich ist.

Lebende Zäune (Hecken): sind lineare freistehende Pflanzenstrukturen oder nur von einem Gerüst gestützte Pflanzen, z.B. Maschendraht oder einfache Gitterstrukturen. Hecken sind in Ballungsräumen überwiegend geschnitten und dienen zum Einzäunen von Grundstücken, öffentlichen Grünanlagen und zur Garteneinteilung (vgl. KRUSCHE et al. 1982)

Die beiden zuvor genannten Begrünungen, einschließlich des Begriffs lebende Zäune, werden in diesem Text als vertikale Begrünung gehandhabt.

Die grünen Strukturen werden als ebenerdige Bodenpflanzung und Kübel-, Topf-, Kasten- oder Trogbepflanzung differenziert (KÖHLER 1993).

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1 Die naturräumliche Einordnung von La Paz und Beschreibung der Stadt

Die Stadt La Paz ist als höchstliegender Regierungssitz und höchstliegende Grossstadt der Erde bekannt und befindet sich im Westen Boliviens in den Anden auf $68^{\circ}10'$ westlicher Länge und $16^{\circ}30'$ südlicher Breite (siehe Abb. 1).

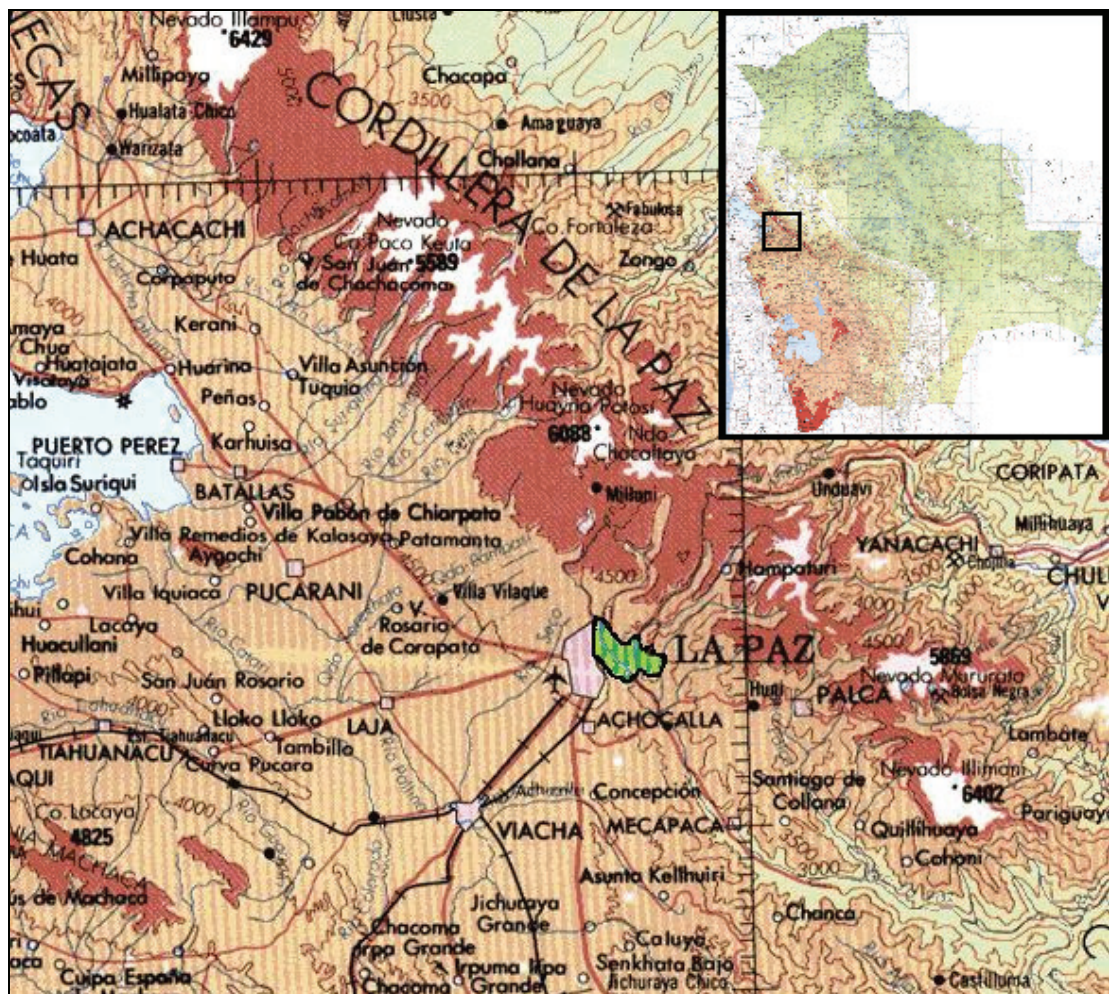


Abb. 1: Physikalische Karte zur Lage der Stadt La Paz (grüne Markierung), in Bolivien. Angrenzend ist die Stadt El Alto zu sehen (rosa Markierung).

Quelle: <http://www.mirabolivia.com/mapafisico.htm> [gesehen am 25.5.2009]

Das westliche Stadt-Ende von La Paz beginnt an der Einbruchkante der Hochebene, dem Altiplano, auf ca. 4050 m (siehe Abb.2). Unterhalb eröffnet sich ein großes zentrales Tal, an das sich viele andere Seitentäler anschmiegen. Das Zentrum der Stadt ist durch seine vielen Hochhäuser unverwechselbar in der Talsohle des „Kessels“ auf 3650 Meter über dem Meeresspiegel augenfällig. Durch die Mitte zieht sich der „Prado“, die Hauptstraße, die das alte östlich liegende Kolonial- und

Regierungsviertel von den auf der westlichen Seite liegenden Wohn- und Marktvierteln trennt. Doch die Stadt wächst in alle Himmelsrichtungen, sodass entlang aller Seitentäler und an deren steilen Hängen die Wohnsiedlungen empor kriechen. Je südlicher man kommt, tauchen mit niedrigerer Höhenstufe die reicheren Wohnviertel auf. Dieser Stadtbereich, der als Südzone bezeichnet wird, zieht in eine weiter östlich auslaufende offene Talmulde, in die weitere Seitentäler einmünden. Die tiefste Stelle liegt auf 3200 m Höhe nach dem Zusammenfluss des Hauptflusses Choqueyapu mit dem letzten der größeren Nebenflüsse, dem Rio Irpavi.



Abb. 2: La Paz, mit der Südzone im Vordergrund und im Hintergrund den Hochhäusern, die auf das Zentrum der Stadt hinweisen (rechte Bildseite). Die waagerechte Altiplanokante bildet den Horizont. (eigenes Foto, aufgenommen in Cota Cota, 03.04.2009)

2.2 Die sozioökonomische Bevölkerungssituation in La Paz

Da mit der Höhenlage auch die Temperaturen rasch abnehmen und das Klima zunehmend rauer wird, findet man die sozial schwächeren Wohnviertel hauptsächlich in El Alto und an den oberen Hängen der Stadt La Paz, während die reichen Bevölkerungsschichten sich in den letzten Jahrzehnten hauptsächlich im Süden der Stadt angesiedelt haben. Die zentrumsnahen Wohnviertel beherbergen die Mittelschicht. Die sozioökonomische Abstufung ist von der Höhe und oft auch von der Entfernung zum Zentrum bestimmt, wie diese Studie nachweisen wird. Da die Stadt seit dem Fall der Rohstoffpreise, vor allem der Mineralien in den 80er Jahren, zu einem unaufhörlichen Zufluchtsort geworden ist, steigt die Bewohnerzahl ständig. Auf dem angrenzenden Altiplano, wo einst nur wenige Häuser und der Flughafen

angesiedelt waren, ist innerhalb von 25 Jahren eine knappe Millionenstadt aus dem Boden gewachsen. Nach dem Nationalen Institut für Statistik (INE, Instituto Nacional de Estadísticas) betrug 2008 die Einwohnerzahl in El Alto 921.981 mit einer stets hohen Wachstumsrate von 4,80%. Die Stadt von La Paz hingegen hatte im gleichen Jahr nach dem INE eine Wachstumsrate von 1,12% und zählt etwas weniger Einwohner (835.301). Insgesamt bewohnen rund 2 Millionen Menschen den gesamten Ballungsraum, inklusive El Alto, Achocalla, und Rio Abajo. El Alto ist im Jahre 1989 zu einer autonomen Stadt ernannt worden. Die soziale und finanzielle Situation erzeugt eine große Zahl an Wanderarbeitern. Viele der in El Alto und Peripherie lebenden Menschen fahren täglich nach La Paz, um dort handwerkliche Arbeiten zu leisten oder Straßenhandel zu betreiben. Während die einen ins Tal hinunter pendeln, sind viele Industriestandorte, vor allem die Manufaktur, in El Alto niedergelassen. Das führt wiederum dazu, dass Facharbeiter vom Talkessel zur Hochebene, morgens herauf und abends hinunter rotieren. Allgemein ist zu sagen, dass die finanziell schwächer gestellten Einwohner in El Alto und an den höher gelegenen Hängen von La Paz wohnen (siehe Abb. 3), während die monetär besser gestellten sich immer mehr in bewachte „Condominios“, vor allem im Süden der Stadt, zurückziehen (siehe Abb. 4).



Abb. 3: Sicht von Barrio Lindo auf arme Wohnviertel des Bezirks Max Paredes, mit erosions-, abrutschgefährdeten Steilhängen und Blick auf die Einbruchkante des Altiplano. (eigenes Foto, aufgenommen von Barrio Lindo, 11.05.2009)



Abb. 4: Sicht auf ein reiches Villenwohnviertel (Villa Jardín Alemana) im südlichen Stadtteil, Achumani. (eigenes Foto, aufgenommen von der „Meseta“ zwischen Achumani und Cota Cota, 18.05.2009)

2.3 Die makroklimatischen Bedingungen von La Paz

Die Lage von La Paz in den Anden auf einer Höhe zwischen 3200m und 4050m ist ausschlaggebend für das Klima. Auch entscheidend sind die Sonneneinstrahlung bzw. Grad der Bewölkung, die Exposition des Geländes sowie die Geländeform und die Bodenbedeckung (LORINI 1991). Die beiden letzteren sind vom Menschen mitbestimmt. Bedingt durch die Lage am Rande der Tropen hat La Paz einen charakteristischen ausgeglichenen Jahrestemperaturverlauf. Die Temperaturamplitude der monatlichen Durchschnittstemperaturen innerhalb eines Jahres beträgt 3°C bis 4°C Celsius, während die Tagesschwankungen sich oft über 15°C Celsius erstrecken, da tagsüber die Sonneneinstrahlung ein starkes Erwärmen bewirkt, das durch die nächtliche Ausstrahlung rückgängig gemacht wird. Die karge Vegetationsdecke verstärkt die täglichen Temperaturschwankungen. Die Tagestemperaturen im Zentrum der Stadt (Station San Calixto) schwanken je nach Jahreszeit zwischen dem mittleren Maximum von 21°C im Sommer und 18°C Celsius im Winter und dem mittleren Minimum von 8°C (Sommer) und 3°C (Winter) (Siehe Abb. 5).

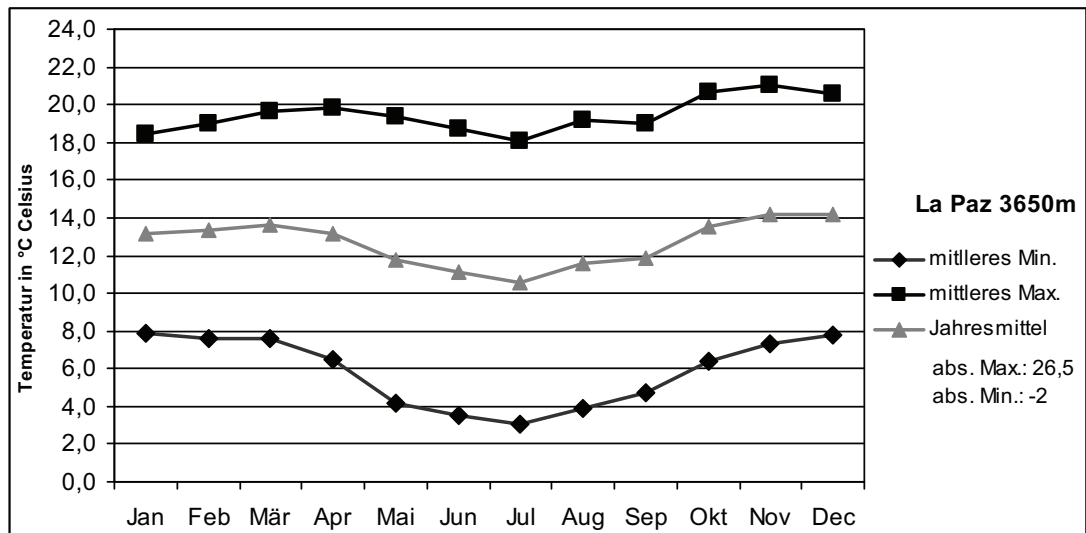


Abb. 5: Temperaturdiagramm von La Paz, Messstation: San Calixto 3650m über die Jahre 2004 bis 2008. Quelle der Daten: Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología (www.senamhi.gov.bo/meteorologia/formularioboletinmensualtemp.php) [gesichtet am 25.05.2009]

Diese Temperaturkurven verschieben sich je nach Höhenlage. Je höher die Lage desto niedriger die Temperaturen und desto größer die Amplitude zwischen den Tageshöchst- und Minimaltemperaturen, da die nächtliche Ausstrahlung auf höherer Lage insbesondere das Tagesminimum beeinflusst. Mit niedriger Höhenlage geschieht genau das Entgegengesetzte. So kommt es im Winter in der Südzone (3300m) äußerst selten zu Frostwechseltagen, während im El Alto (4050m) in der Winterzeit nahezu täglich mit Frostwechsel zu rechnen ist (vgl. Abb. 5 und 6).

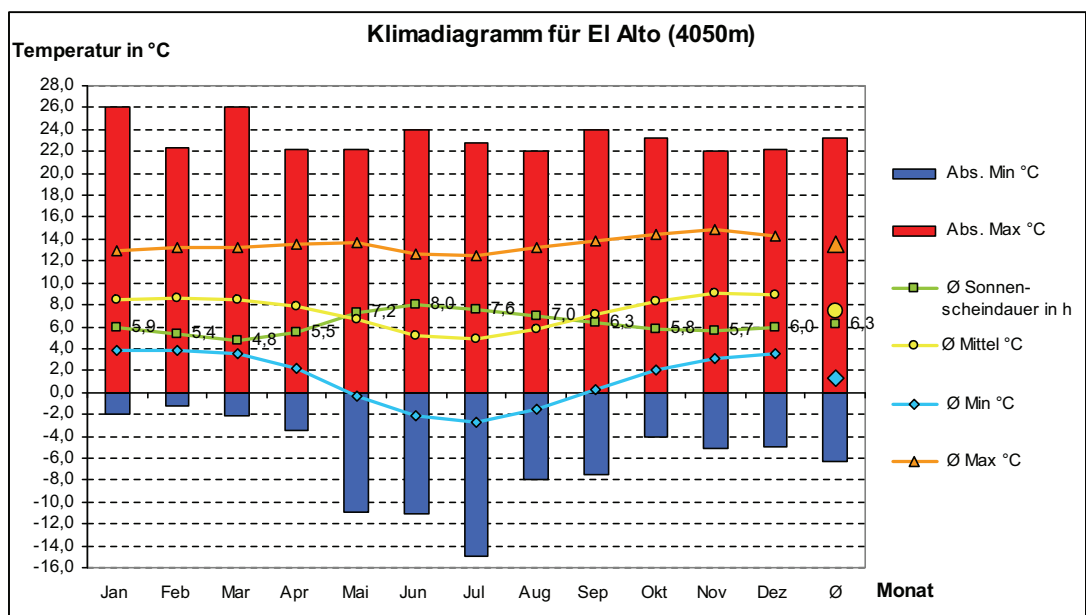


Abb. 6: Klimastation am Flughafen in El Alto. Die Werte wurden von 1970 – 1990 erfasst. Datenquelle: www.wetter.com/reise/klimadatenbank/?type=temp&continent=SA&country=BO&station=852010 [gesichtet am 01.04.2009]

Das Klima von La Paz ist semiarid. Da die feuchte Amazonasluft von Osten nur selten über den hohen sich in Nord-Süd-Richtung erstreckenden Gebirgskamm (bis zu 6400m) der Königskordillere kriecht, sind die westlichen Gebirgsausläufer, in denen die Stadt liegt, allgemein sehr trocken (LORINI 1991) (siehe auch Abb. 1). Es gibt jedoch zwei sehr markante Jahreszeiten, eine Regen- und eine Trockenzeit (siehe Abb. 7).

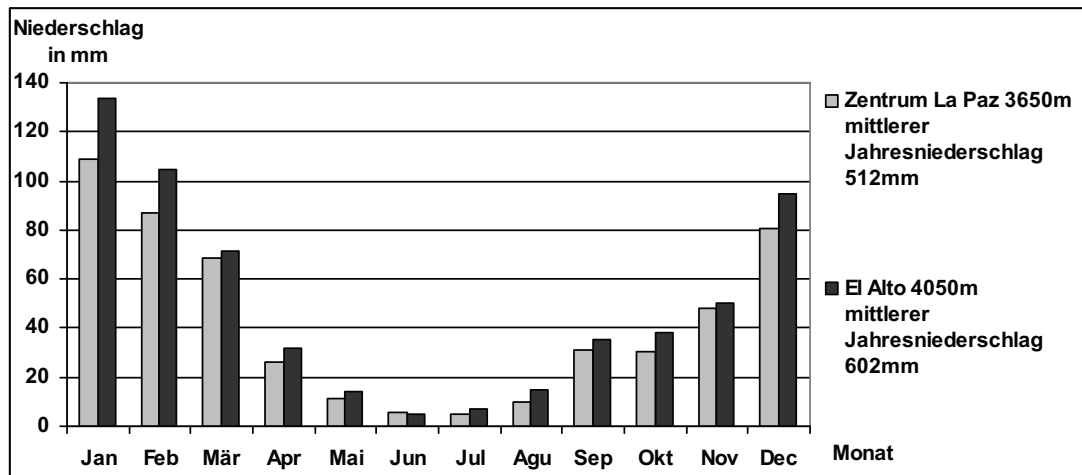


Abb. 7: Mittlerer Niederschlag für La Paz (San Calixto) und El Alto (Flughafen) von 1961 bis 1990.

Quelle: Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología

(<http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/formulariopl.php> [gesichtet am 25.5.2009])

Der jährliche Niederschlag im Zentrum von La Paz beträgt etwa 500 mm, wobei knapp 70% des Niederschlags in der Regenzeit (Dezember bis einschließlich März) fällt. Gut 1/5 des jährlichen Gesamtniederschlags fällt in der Vorregenzeit. Die Wintermonate April bis August sind von einer sehr trockenen Periode geprägt, in denen insgesamt nur 10 - 15 Tage mit Niederschlag (Niederschlag > 1mm) auftreten. Wegen der Bewölkung in den Sommer-Monaten nimmt die mittlere Zahl der Sonnenstunden eines Tages etwa um zwei Stunden ab. So sind im Sommer etwa nur 6 Stunden Sonnenschein zu verzeichnen, während in der kälteren Jahreszeit die Anzahl an Sonnenstunden bis auf 8 Stunden steigt (siehe Abb. 6).

2.4 Das Grün um und in La Paz

Die Stadt La Paz ist wegen der geografischen Lage und den klimatischen Einflüssen extremen Bedingungen ausgesetzt. Durch diese abiotischen Standortfaktoren sind die Bedingungen für eine nach mitteleuropäischen Verhältnissen „Grüne Stadt“ so gut wie unmöglich.

Der Grossraum La Paz befindet sich in den naturräumlichen Höhenstufen Puna (3500 - 4200m) und Prepuna (3000m - 3500m). In der Vegetationsstufe Puna, d.h. im alpinen Bereich, ist allgemein das Baumwachstum bis auf klimatisch begünstigte Sonderstandorte begrenzt, und es überwiegt heute eine Gräser- und strauchdominierte Landschaft. Die Prepuna, die interandinen Trockentäler sind früher wohl von einer offenen Baumschicht bewachsen gewesen, die wiederum durch den Menschen in eine stachelhaltige Busch- und Strauchvegetation umgewandelt wurden (BECK & GARCIA 1991). Das Studiengebiet befindet sich überwiegend in tiefen Tälern und Schluchten, die sich bis zu den Berggipfeln der Hochtäler bzw. bis zum Altiplano (Hochebene) ausdehnen.

Die trockene Magervegetation um La Paz zeigt die harten Bedingungen, denen die Pflanzen ausgesetzt sind. Durch die Höhenlage bedingt führen die Sonneneinstrahlung und die trockenen Winde zusätzlich zu den starken täglichen Temperaturschwankungen zu einem langsamen Wachsen der Vegetationsdecke. Doch in der Stadt sind die Verhältnisse anders. Durch die von den Menschen geschaffenen Bedingungen, den Bau großer Staustufen, konnte der Wasserbedarf in der Trockenzeit in den letzten Jahren gedeckt werden. Jedoch führten trockene Jahre, der große Zuwachs der Bevölkerung und neuerdings das Abschmelzen der Gletscher dazu, dass es zu Besorgnis um die Wasserversorgung kam. Diese Verhältnisse erzeugen große Unruhe und Fragen zur Wasserverteilung und -versorgung. Die Regierung hat Pläne, das Wasser von weit her zu holen, um die Bedürfnisse zu decken. Insgesamt jedoch ließ die regelmäßige Wasserversorgung in den letzten Jahren das städtische Grün wachsen.

Wie sich in dieser Studie unter Beweis stellen wird, spiegelt die sozialökonomische Gliederung sich gewissermaßen in der Begrünung wieder. So ist im Stadtzentrum und in den höheren Lagen sehr wenig Stadtgrün zu finden. An den steilen Hängen, wo die einkommensschwache Bevölkerung lebt (siehe Abb. 3), sind überwiegend kleine, vollkommen versiegelte Parzellen anzutreffen, auf denen ein Gebäude mit 2-3 Stockwerken steht. Die wenigen „Patios“ (Innenhöfe) oder anderen offenen Flächen

an diesen Standorten sind meist mit einer Zementdecke versiegelt, um die Gebäude vor Unterspülungen und Abrutschungen zu schützen. So sind in diesen Zonen kaum Begrünungen zu finden, während in den wohlhabenden Wohnvierteln oft Häuser von nur 1-2 Stockwerken und wenige mehrstöckige Gebäude stehen, die von einem Garten umgeben sind (siehe Abb. 4). Die Parzellen sind meist von einer mehrere Meter hohen Mauer begrenzt. Die Mauer, die als Grenze zwischen Privatbereich und öffentlichem Bereich oder zu Nachbarparzellen dient, ist manchmal von innen bepflanzt. Seltener werden Metall- oder Holzgerüste als Zäune verwendet, die die Grenze der Parzelle kennzeichnen, doch diese Grenzen werden oft von Pflanzen begleitet. Eine Fassadenbegrünung an Gebäuden ist ausgesprochen selten.

3. Methodik

3.1 Die Erhebungen zu vertikalen Begrünungen

Als Basis standen zwei Erhebungen zur Verfügung, eine Aufnahme aus den Jahren 1997/98 von FRANKEN & PINTO (unveröff.) und eine eigene, die im Jahr 2007 durchgeführt wurde. Bei beiden Arbeiten ging es um eine Studie zur reinen Bestandsaufnahme der Artenvielfalt in vertikalen Begrünungen von La Paz. Die eigene Studie erfasste die Mehrheit der Straßen in den Bezirken Chasquipampa, Cota Cota, Las Kantutas, Achumani, Calacoto, San Miguel, Auquisamaña, Las Retamas, Irpavi, Bologna, Aranjuez, Amor de Dios, Mallasa, Mallasilla, Seguencoma Obrajes, Alto Obrajes, San Jorge, Sopocachi, Alto Sopocachi, Miraflores, Villa Fatima, Barrio Petrolero, Pampahasi und Barrio Grafico. Sie wurden zu Fuß begangen und jede neue Art herbarisiert. Dabei wurde den Pflanzen eine Sammelnummer gegeben, sowie Standort, Art und Herkunft, Wuchsform und Phänologie und deren Nutzungsfunktion erhoben. Ein Foto zu jeder Pflanzenerhebung wurde ebenfalls aufgenommen. Insgesamt wurden etwa 90 Pflanzenarten erfasst.

Im Verlauf dieser Studie wurde eine weitere Erhebung realisiert, die die vorläufigen Erhebungen zur Artenvielfalt an begrünten Mauern und Gebäudefassaden, sowie an lebenden Zäunen ergänzt. Die Erhebung beinhaltet zusätzlich eine quantitative und qualitative Aufnahme zur vertikalen Begrünung der Stadt. Bei der Erhebung wurde die vertikale Begrünung und Artenvielfalt in Bezug auf die verschiedenen Höhenstufen, Stadtviertel, Gebäudegröße, Nutzung und Versiegelung der Parzelle erfasst. Auch wurden die Vitalität der Pflanzen und ihre ökologischen Funktionen untersucht.

Die Häuserblöcke wurden nach Stadtviertel und Distanz zueinander auf einem Stadtplan ausgesucht, so dass ein optisch geschätztes, gleichmäßiges Aufnahmenetz über die Karte gezogen wurde. Die Aufnahmen wurden ausschließlich in Wohnvierteln durchgeführt, weil Wohngebiete erfahrungsgemäß am meisten Begrünungen aufweisen. Außerdem ist so eine bessere Gleichwertigkeit gewährleistet, die die Aufnahmen vergleichbar macht.

3.2 Erfasste Parameter in der Feldarbeit

Die Erhebung wurde auf ein mit Excel vorgefertigtes ausgedrucktes Blatt aufgenommen. Für die folgenden Parameter wurden im Erhebungsbogen Abkürzungen verwendet, um alle Daten auf einem Arbeitsblatt zu erfassen und so Zeit während der Feldarbeit zu sparen. (Siehe Abbildung im Anhang)

3.2.1 Standort und Gebäudestruktur

Jede Aufnahme bekam eine Nummer (z.B. 17.4.2, was so viel bedeutet wie: Häuserblock 17, Grundstück/Parzelle 4, Arterhebung 2), und es wurden der Name des Bezirks sowie die Höhe über dem Meeresspiegel gemessen und der Mittelwert für jeden erfassten Häuserblock notiert. Auch wurden der Name der Straße und die Hausnummer aufgeschrieben, um den Standort wieder finden zu können. Die Gebäudenutzung, die Stockwerkzahl und das Vorhandensein einer horizontalen Grünfläche bzw. unversiegelten Fläche wurden ebenfalls gekennzeichnet. Um eine Ableitung der Präferenz bezüglich der Sonneneinstrahlung und des relativen Wärmehaushalts zu erhalten, wurde zusätzlich die Exposition der vertikalen Begrünung aufgenommen.

3.2.2 Vertikale Begrünung

Die Art der vertikalen Begrünung wurde in folgende Typen kategorisiert:

- (fa) Fassadenbegrünung
- (ma) Mauerbegrünung
- (he) Hecke, lebender Zaun

Auch wurde die Dichte der vertikalen Begrünung durch die Maßbreite der Pflanze und anhand einer dreistufigen Bewertung erfasst.

- (eB) stellenweiser, einzelner Bewuchs (einzelne Begrünung)
- (mdB) durchgehender, dünner Bewuchs, mit einzelnen Lücken oder relativ schmal
- (sdB) sehr dichter, durchgehender Bewuchs, ermöglicht keine Durchsicht

Der Pflegezustand der vertikalen Begrünung wurde anhand der optischen Wahrnehmung von Schnittspuren und der Struktur der vertikalen Begrünung in folgende drei Erscheinungsformen gegliedert.

- (sg) sehr gepflegt
- (mg) geringfügig, mäßig gepflegt
- (ng) nicht gepflegt, wilder Wuchs

3.2.3 Pflanzenbestimmung

Es wurden nur höhere Pflanzenarten untersucht, da sie für die Fragestellung von Bedeutung sind. Jede Pflanzenart wurde bei der diesjährigen Aufnahme zusätzlich nach Häufigkeit erhoben, so dass jede Art einmalig je Grundstück (Parzelle) gewertet wurde.

Um die Vollständigkeit der Artenliste zu gewährleisten, wurde bei der ersten eigenen Erhebung jeder Bezirk erfasst, d.h. fast jede einzelne Straße der Bezirke wurde zu Fuß begangen. Zusätzlich wurden die früheren Aufnahmen (FRANKEN & PINTO 1997/1998 unveröff.) gesichtet und miteingefügt, um eine weitgehende Vollständigkeit bezüglich der Artenliste zu gewährleisten. Jede neue Art, die an Fassadenbegrünung oder in lebenden Zäunen wuchs, wurde gesammelt und bestimmt. Die Pflanze wurde in mehreren Exemplaren herbarisiert, d.h. die Pflanze wurde gepresst und getrocknet, um ein langjähriges Konservieren des Belegs als Nachweis zu erhalten und im Nationalen Herbarium (Herbario Nacional de Bolivia - HNB) hinterlegt. Als zusätzlicher Beleg wurde ein Foto aufgenommen. Das Bestimmen der Arten erfolgte mit Hilfe der Bestimmungsliteratur und durch Vergleich von Belegen im National Herbarium in La Paz. Konnte die Pflanze nicht bis zur Spezies klassifiziert werden, weil die Bestimmung nur durch genaue mikroskopische Untersuchung möglich ist, wurden die in der Taxonomie verwendeten Abkürzungen aff. , sp., oder subsp. verwendet.

Die Taxonomie der Arten in dem untersuchten Gebiet folgt GARCIA & VALENZUELA (1991).

3.2.4 Wuchsfreudigkeit und Vitalität

Um den Zustand der Pflanzen zu erfassen, wurde die Phänologie mit folgenden Daten erhoben:

Blüten- und Fruchtstand

- (rv) rein vegetativ (keine Knospen, Blüten oder Früchte)
- (kn) knospend
- (bl) Blüten voll entfaltet (blühend)
- (fr) fruchtend

Um zusätzlich Aufschluss über die Vitalität der Pflanze, bzw. der vertikalen Begrünung zu bekommen, wurde zu dem Blüten- und Fruchtstand und dem schon oben genannten und erfassten Parameter Begrünungsdichte, die Wuchshöhe, -länge und -breite der Pflanzengemeinschaft in der Begrünung gemessen und/oder geschätzt.

Zur Charakterisierung der Wuchsfreudigkeit der Pflanzen wurde die Vitalitätsskala nach DIERSCHKE (1994) benutzt. Diese Skala gibt einen Hinweis, ob die Art sich im ökologischen Optimalbereich oder Randbereich befindet. Vitalität steht oft in enger Beziehung zum Deckungsgrad (vgl. DIERSCHKE 1994, S. 154-155).

Folgende Skala ist gebräuchlich:

- * | sehr schwach entwickelt, ohne Vermehrungstendenz
- ** | deutlich geschwächt (Kümmerwuchs), keine oder sehr wenig Blüten, keine Samen
- *** | außergewöhnlich vital

3.3 Bildung von Klassen und Gruppen

Um die Analyse und die Beschreibung zur Naturation und der Arten in La Paz einfacher und somit verständlicher zu machen, wurden Klassen gebildet.

3.3.1 Höhenstufen

Anhand der Erhebung im April und Mai 2009 wurde die Verbreitung der vertikalen Begrünungen und der Arten in Metern über dem Meeresspiegel kartiert. Da die klimatischen Bedingungen, wie etwa die Höhenlage, in Bezug zur Temperatur stehen, kann diese Angabe Aufschluss zur Dichte und Vitalität der Begrünung geben, sowie die Eignung bzw. eine Empfehlung zur Pflanzenart hinsichtlich des Standorts abstrahiert werden. Zur Vereinfachung der Analyse und Auswertung der Daten wurden Höhenzonen gebildet.

Folgende Höhenstufen wurden definiert:

- 3201 - 3400 m ü. M.
- 3401 - 3600 m ü. M.
- 3601 - 3800 m ü. M. und
- > 3801 m ü. M.

3.3.2 Eigenschaften der Arten

Für eine optimale vertikale Begrünung ist es wichtig, die geografischen Daten, die Nutzungsmöglichkeiten, sowie die morphologischen Eigenschaften der Pflanzenarten zu kennen. Diese Aspekte konnten nicht direkt bei der Erhebung aufgenommen werden. Um mehr über die Eigenarten der einzelnen Pflanzen zu erfahren, wurden zusätzliche Daten aus der Literatur entnommen.

3.3.2.1 Herkunft der Arten

In der botanischen Lehre der Pflanzengeographie wird für die floristische Einteilung der Erde die Arbeit von A. Engler im Jahr 1882 verwendet. Die Einordnung der Herkunft der Pflanzen richtet sich nach der großklimatischen Differenzierung der

Erde. Für diese Arbeit wurde die Gliederung der Florenreiche und Florenregionen nach dem Lehrbuch von SCHROEDER (1998) angewendet. (Siehe Abb. 8.) Um die Herkunft der Arten, bzw. der Gattungen zu bestimmen, diente die Ausgabe „The Plant-Book“ von MABBERLEY (1987). Für die Artenliste im Anhang wurde nach Florenreiche unterschieden. Für die konkrete Auswertung zu La Paz wurden folgende drei Klassen definiert:

- (NA) Native Arten, natürliches Vorkommen in der andinen Region, um La Paz, Bolivien
- (SA) Arten mit natürlicher Verbreitung aus dem restlichen Südamerika / Neotropen
- (EX) Exoten, angebaute oder verwilderte Arten aus der restlichen Welt

Folgende Florenreiche und Florenregionen wurden unterschieden:

- Holarktis (I) —————> (EX)
- Neotropis (II) —————> (EX)
- > Andin-Pazifische Florenregion (14) —————> (NA)
- > Restliche neotropische Florenregionen (12, 13, 15, 16, 17) —————> (SA)
- Paläotropis (III), A Afrikanisch, B Indo – Pazifisch —————> (EX)
- Kapensis (IV) —————> (EX)
- Australis (V) —————> (EX)
- Holantarktis (VI) —————> (EX)

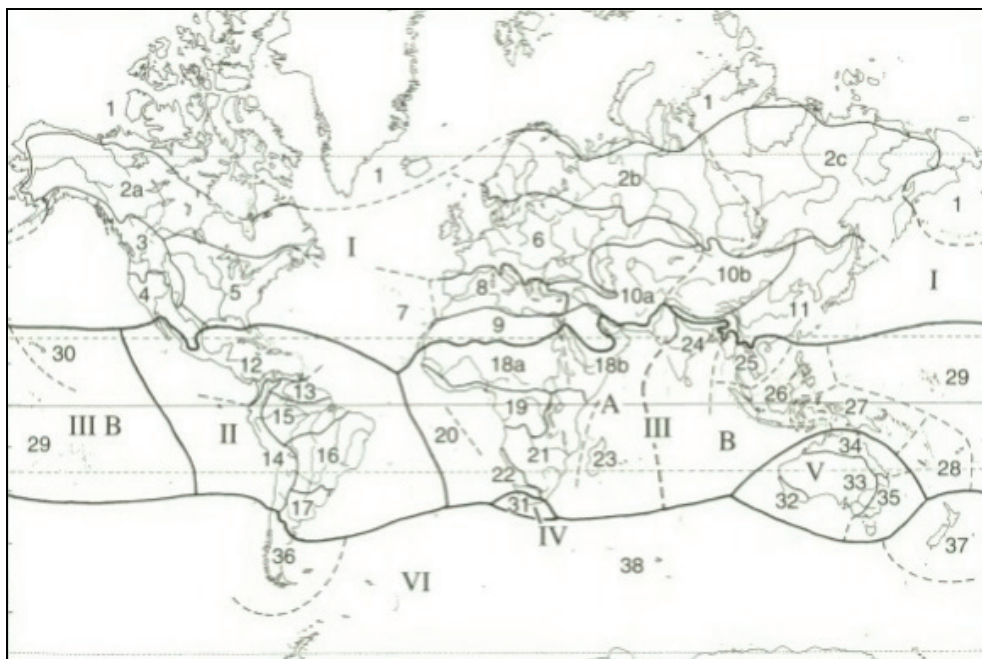


Abb. 8: Florenreiche und Florengebiet des Landes. Übernommen aus SCHROEDER (1998), S. 92.

3.3.2.2 Verwendung der Arten

Ergänzend wurde die Verwendung der Pflanzen nach Befragung der Stadtbevölkerung und nach Literaturangaben dargestellt.

Folgende Klassen wurden definiert:

- Aromatische Kräuter oder Pflanzen, die als Nahrungsmittel in der traditionellen Küche genutzt werden, z.B. Gewürzpflanzen, Fruchtbäume, Beerensauden oder rankende Gemüse- oder Fruchtarten.
- Heilpflanzen, die in der traditionellen Medizin Verwendung finden.
- Ornamentale Pflanzen mit besonders sehenswerten Infloreszenzen oder Blättern, Duftpflanzen.
- Schutzpflanzen, z.B. Pflanzen, die Dornen, Stacheln oder Brennhaare besitzen.

3.3.2.3 Wuchsform der Arten

An Wuchsformen wurden unterschieden:

- Baum
- Busch
- Staude
- Liane / Kletterpflanze
- Sukkulente
- Kraut, annuell (einjährig) oder perenne (mehrjährig). Kräuter die in den gemäßigten Breiten annuell sind, überleben oft in den Gebirgsregionen der Tropen mehrere Jahre. Ursache dafür ist das Tageszeitenklima, bei dem die Jahresmitteltemperatur mehr oder minder konstant ist (TROLL 1959). (Siehe Abb. 5 oder 6.)

Da für die vertikale Begrünung an Gebäuden die Kletterpflanzen eine unerlässliche Rolle spielen, werden diese Pflanzen nach ihrem Klettermodus, der für den Einsatz in Planung, Anbau und Pflege bestimmend ist, von Spezialisten wie der Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau in weitere Gruppen untergliedert. Die Kletterpflanzen werden nach Gerüstkletterpflanzen und Selbstklimmern unterschieden.

„Gerüstkletterpflanzen können vertikale Flächen nur an Kletterhilfen bewachsen.“

„Selbstklimmer können mittels Haftwurzeln oder Haftscheiben ohne Kletterhilfen an vertikalen Flächen hochwachsen.“ (vgl. FLL 2000, S. 19 - 21)

Bei den Gerüstkletterpflanzen unterscheidet man die Schlinger/Winder (S), die Ranker (R) und die Spreizklimmer (K). Schlingpflanzen wachsen mit dem Spross der einzelnen Triebe in spiralförmiger Weise um Kletterhilfen empor. Ranker bilden viele fadenförmige Greiforgane, die sich um Kletterhilfen wickeln und der Pflanze Halt geben. Spreizklimmer bilden dünne Triebe, die sich mit und auch ohne Hilfe von Dornen, Stacheln oder Borstenhaaren auf Kletterhilfen legen und so einen gewissen Halt erlangen. Unter den Selbstklimmern befinden sich die Wurzelkletterer (WK) und die Haftscheibenranker (RH). Wurzelkletterer bilden Haftwurzeln an der lichtabgewandten Seite der Triebe aus, mit denen sich die Pflanzen an vertikalen Flächen halten. Haftscheibenranker scheiden an den Rankenspitzen ein Haftsekret aus, zusätzlich geben Gewebewucherungen der Pflanze Halt (ALTHAUS 1987, FFL 2000, FINKE & OSTERHOFF 2001, KLEEBERG 1995, KÖHLER 1993).

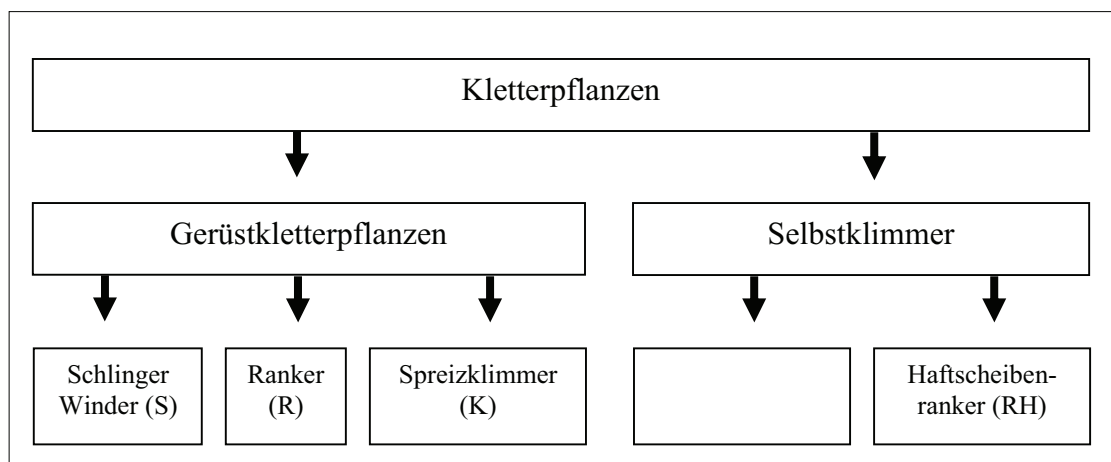


Abb. 9: Einordnung der Kletterpflanzen nach Kletterformen, übernommen aus FLL (2000), S. 19.

3.4 Eine zusätzliche Erhebung – der Biotopflächenfaktor

Der Biotopflächenfaktor (BFF) ist ein Planungsinstrument, das in der Berliner Stadtentwicklung Verwendung findet und die Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts in Städten misst, bzw. für die bauliche Planung und Entwicklung der Flächennutzung genaue ökologische Mindeststandards formuliert. Gemessen, bzw. angegeben wird der Prozentsatz der naturhaushalts-wirksamen Flächen pro Grundstück, dem je nach Bebauungs- und Nutzungsstruktur ein bestimmter BFF-Wert vorgeschrieben wird. Z.B. ist für ein Grundstück rein gewerblicher Nutzung oder Mischnutzung ein BFF-Wert von 0,30 von der Stadtverwaltung in Berlin vorgeschrieben. In anderen Worten gibt der BFF-Wert den Grad der Bodenversiegelung an, durch den Rückschlüsse gezogen werden: auf die Senkung des Grundwasserspiegels, auf die geringere Luftfeuchte sowie den Wärmeinseleffekt von Städten und die Zerstörung des Lebensraums für Pflanzen und Tiere.

Um eine Vorstellung von der Bodenversiegelung und der Bebauungsdichte in La Paz zu bekommen, wurde in zwei Häuserblöcken in sozioökonomisch stark differenzierten Stadtvierteln und Höhenstufen, der Biotopflächenfaktor gemessen: ein Häuserblock im zentrumsnahen, älteren Wohnviertel San Pedro, das der sozioökonomischen Mittelschicht entspricht und ein Häuserblock in der Südzone, in einem Wohnviertel der sozioökonomisch oberen Mittelschicht und wohlhabenden Oberschicht, im Bezirk Calacoto.

Für die Berechnung des Biotopflächenfaktors je Teilfläche gelten folgende Anrechnungsfaktoren:









	versiegelte Flächen 0,0	Belag luft- und wasserundurchlässig, ohne Pflanzenbewuchs (z.B. Beton, Asphalt, Platten mit gebundenem Unterbau)
	teilversiegelte Flächen 0,3	Belag luft- und wasserdurchlässig, i.d.R. kein Pflanzenbewuchs (z.B. Klinker, Mosaikpflaster, Platten mit Sand-/Schotterunterbau)
	halboffene Flächen 0,5	Belag luft- und wasserdurchlässig, Versickerung, Pflanzenbewuchs (z.B. Rasenschotter, Holzpflaster, Rasengittersteine)
	Vegetationsflächen ohne Bodenanschluss 0,5	Vegetationsflächen auf Kellerdecken, Tiefgaragen mit weniger als 80 cm Bodenauftrag
	Vegetationsflächen ohne Bodenanschluss 0,7	Vegetationsflächen ohne Anschluss an anstehenden Boden mit mehr als 80 cm Bodenauftrag
	Vegetationsflächen mit Bodenanschluss 1,0	Vegetationsanschluss an anstehenden Boden, verfügbar für Entwicklung von Flora und Fauna
	Regenwasserversickerung je m² Dachfläche 0,2	Regenwasserversickerung zur Grundwasseranreicherung, Versickerung über vegetationsbestandene Flächen
	Vertikalbegrünung, bis max. 10 m Höhe 0,5	Begrünung fensterloser Außenwände und Mauern, es wird die reale Höhe bis max. 10 m einbezogen

Abb. 10: Bewertung der einzelnen Teilflächen für die BFF-Bewertung. Übernommen aus Stadtverwaltung für Stadtentwicklung Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/de/bff_berechnung.shtml [Gesichtet am 13.08.2009]

Zu diesen Teilflächenwerten müssen für La Paz einige Anrechnungsfaktoren abgeändert werden und zu anderen Oberflächenformen zusätzlich neue kreiert und addiert werden (FRANKEN et al. 2009).

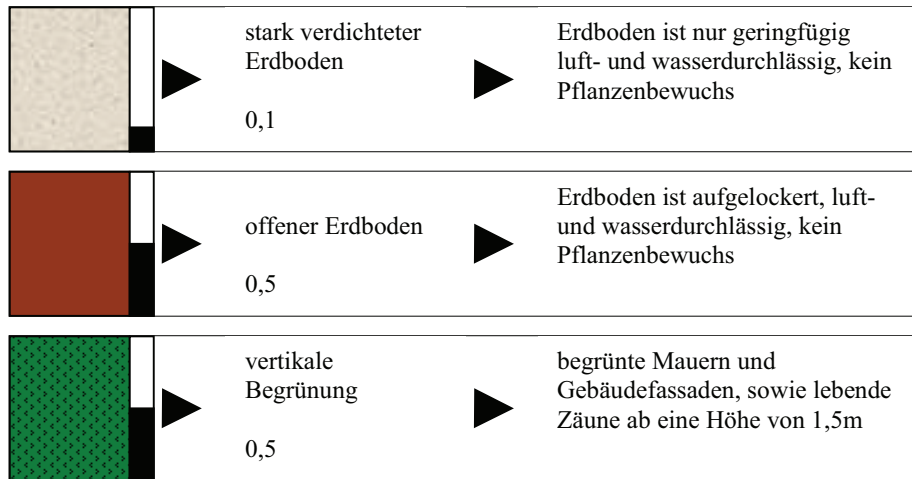


Abb. 11: Zusätzliche BFF-Parameter, leicht modifiziert nach Franken et al. (2009).

Formel:

$$\text{BFF} = \frac{\text{naturhaushalts-wirksame Flächen}}{\text{Grundstücksfläche}}$$

Die Aufnahmen wurden im Mai und Juni 2009 mit Hilfe der Biologiestudentin Natalia Mérida Tejerina durchgeführt.

3.5 Recherche und Datenaufbereitung

Um relativ aktuelle Information zu erhalten, mussten oft zuerst Rohdaten von verschiedenen staatlichen Institutionen besorgt werden, die anschließend weiterverarbeitet werden konnten. Für aktuelle Klimadaten wie sie z.B. die Abb. 5 zeigt, wurden die vom SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología) im Internet zu Verfügung gestellten Daten abgeschrieben und mit Hilfe von MS Excel 2003 konnte dann der monatliche Durchschnitt berechnet und der Mittelwert für 5 Jahre gebildet werden, der in der Grafik abzulesen ist. Die Daten zur Bevölkerungsdichte der einzelnen Häuserblöcke wurden beim INE (Instituto Nacional de Estadísticas) persönlich besorgt. Zuerst musste aus dem digitalen Katasterplan die Zonennummer und die Häuserblocknummer aufgesucht werden. Anschließend konnte aus einer Liste die Einwohnerzahl vom „Censo“ (Zählung) 2001 nachgeschlagen werden. Die Flächengröße der Häuserblöcke wurde aus dem Katasterplan mit Hilfe des Computerprogramms Auto CAD 6.0 abgemessen. Eine digitale Kopie des Katasterplans wurde vom der „Alcaldía“ (Bürgermeisteramt) zu Verfügung gestellt.

Die Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte wegen der vielen Parameter und deren Korrelation mit zwei verschiedenen Statistikprogrammen. MS Excel 2003 wurde für die Dateneingabe, zur Beschreibung der Daten und für die Analyse von einzelnen oder zusammenhängenden Parametern verwendet. SPSS 11.5 wurde für die Korrelation der Daten verwendet, um so eine Übersicht der Zusammenhänge zwischen den Parametern zu erhalten.

Für die grafische Darstellung der Ergebnisse des Biotopflächenfaktors und für die 3D-Animation des Planungsbeispiels zur Begrünung wurde das Computerprogramm Google SketchUP 6 verwendet. Die Karte zur vertikalen Begrünung von La Paz, die im Anhang zu finden ist, wurde mit dem Zeichenprogramm Auto CAD 6.0 angefertigt. Grundlage dafür war der digitale Katasterplan.

3.6 Beispielplanung zu einer Fassadenbegrünung im Zentrum von La Paz

Da im Zentrum so gut wie keine Begrünung vorzufinden ist, jedoch ein Wärmeinseleffekt von bis zu +2K vom Mittel aller Messstationen nachgewiesen wurde (vgl. STERRER 1999, S. 89-90) und eine wesentlich stärkere Kontaminierung durch Stickstoffoxid (NO_x), vor allem mit einem Maximum im Zentrum, aufgezeigt wurde (vgl. ROITNER 1999, S. 97-98), sind Beispiele für die zukünftige Stadtplanung notwendig. Anhand der gesammelten Daten wurde eine theoretische Planung zu einer vertikalen Begrünungsvariante für ein bestehendes Gebäude in der dicht bebauten Innenstadt von La Paz aufgezeigt. Die Auswahl des Gebäudes wurde durch die zentrale Lage sowie die Struktur und Substanz des Gebäudes bestimmt. Außerdem wurde bei der Auswahl des Gebäudes auf die Ausstattung vor allem mit Balkonen oder Terrassen geachtet, um eine einfachere und schnellere Begrünung der Fassade durch Pflanzkübel zu erreichen. Wegen der schmalen Straßenbreite im Zentrum ist eine ebenerdige Fassadenbegrünung kaum möglich.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ergebnisse der Aufnahmen 2009

Bei der diesjährigen Studie wurden 758 Parzellen in 46 verschiedenen Häuserblöcken und Wohnvierteln zwischen 3205m und 4025m über dem Meeresspiegel untersucht. Die Zahl der untersuchten Häuserblöcke in den definierten Höhenstufen schwankt zwischen 8 und 16 (Siehe Tabelle 1).

In den folgenden Höhenstufen wurde jeweils ein Häuserblock pro Wohnviertel erfasst (Siehe auch Karte im Anhang).

Tabelle 1: Lage der untersuchten Häuserblöcke.

Höhen- stufe	I	II	III	IV
Nr.	3201m – 3400m	3401m – 3600m	3601m – 3800m	> 3800m
1	Achumani	Achumani, Los Jardines	Achachicala	Barrio Lindo
2	Amor de Diós	Achumani, Madres Conceptistas	Chicani	Incallojeta
3	Auquisamaña	Alto Obrajes	Kupini	Mariscal Santa Cruz
4	Aranjuez	Alto Seguencoma	Miraflores	Munaypata
5	Barrio Petrolero	Auquisamaña alto	Santa Barbara	Tacagua
6	Koani	Bologna	Sopocachi bajo	Villa del Cruz
7	La Florida	Chasquipampa	Templaderani	Villa Fatima, La Merced
8	Los Pinos	Cota Cota	Villa Copacabana	Villa Victoria
9	Obrajes	Cuarto Centenario	Villa Fatima, Barrio Grafico / Petrolero	
10	San Miguel	Irpavi I	Villa San Antonio	
11	Seguencoma bajo	Irpavi II		
12	Ventilla	Llojeta bajo		
13		Meseta Achumani		
14		Meseta Irpavi		
15		Sopocachi		
16		Villa Armonia		

4.1.1 Siedlungsstruktur und Naturation

Von den 758 Parzellen weisen 80% reine Wohnnutzung auf, während 12% der Parzellen eine Mischnutzung (Wohn- und Gewerbenutzung) aufzeigen, gefolgt von Brachflächen, Gewerbenutzung und Parzellen, auf denen ein Gebäude gebaut wird.

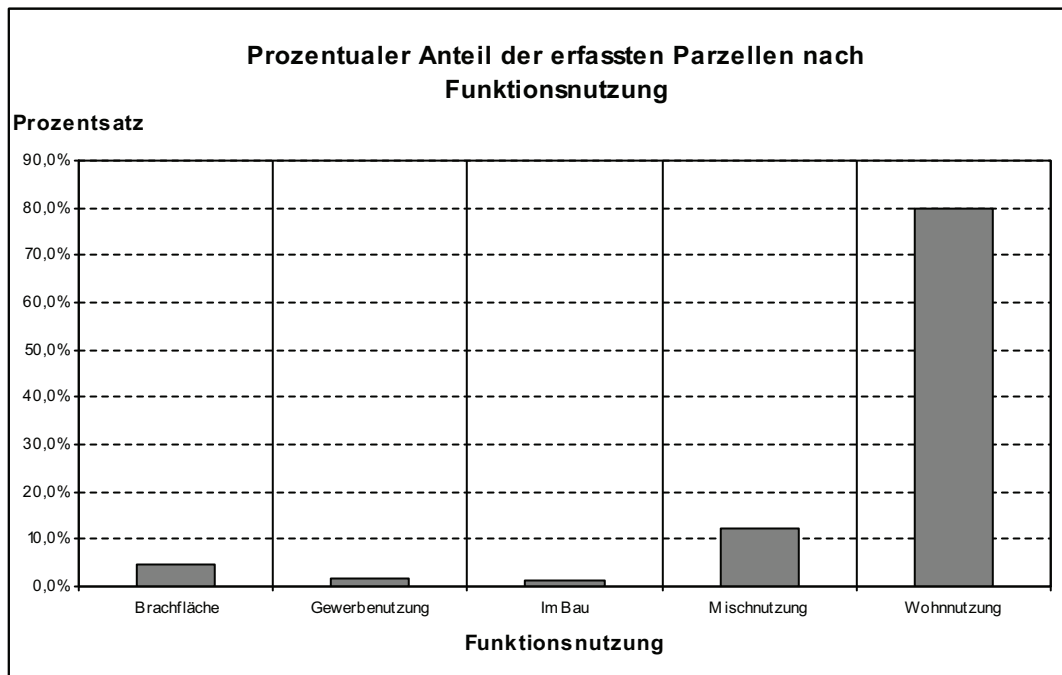


Abb. 12: Anteil der Parzellen nach Funktionsnutzung

Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass in der Höhenstufe zwischen 3601m und 3800m die Parzellenanzahl pro Häuserblock entscheidend höher ist als bei niedrigeren Höhenstufen. Über 3800m ist die Anzahl der Grundstücke pro Häuserblock geringer als in Zentrumshöhe, jedoch deutlich größer als in tieferen Lagen (Siehe Tabelle 2). Die durchschnittliche Fläche der Häuserblöcke nimmt mit zunehmenden Höhenmetern eindeutig ab, während die Einwohnerzahl mit steigender Höhenstufe rapide anwächst. D.h. die durchschnittliche Einwohnerdichte in der tiefsten Höhenstufe beträgt 11.125 pro km², während über 3800m 53.918 Menschen pro km² wohnen. Diese Ergebnisse sind unverkennbare Beweise für die in Kapitel 2.2 beschriebene sozioökonomische Gliederung der Stadt.

Tabelle 2: Analyse der untersuchten Häuserblöcke

Höhenstufe	3201m – 3400m	3401m – 3600m	3601m – 3800m	> 3801m	Insgesamt
Häuserblöcke	12	16	10	8	46
Parzellen (Grundstücke)	169	246	204	139	758
Durchschnitt: Parzellen pro Häuserblock	14	15	20	17	16
Durchschnitt: Fläche pro Häuserblock	6472 m ²	5967 m ²	5422 m ²	2578 m ²	5377 m ²
Durchschnitt: Einwohner pro Häuserblock	72	102	131	139	107
Einwohner pro km ²	11.125	17.094	24.161	53.918	19.900
Reine Wohnnutzung	80%	78%	77%	87%	80%

Die Parzellen mit 1-5 Stockwerken werden in allen Höhenstufen angetroffen, jedoch ist die Anzahl der Parzellen mit 1, 2 und 3 Stockwerken am größten. Größere Gebäude wurden nur vereinzelt in den mittleren Höhenstufen 3401m – 3800m in Zentrumsnähe erhoben.

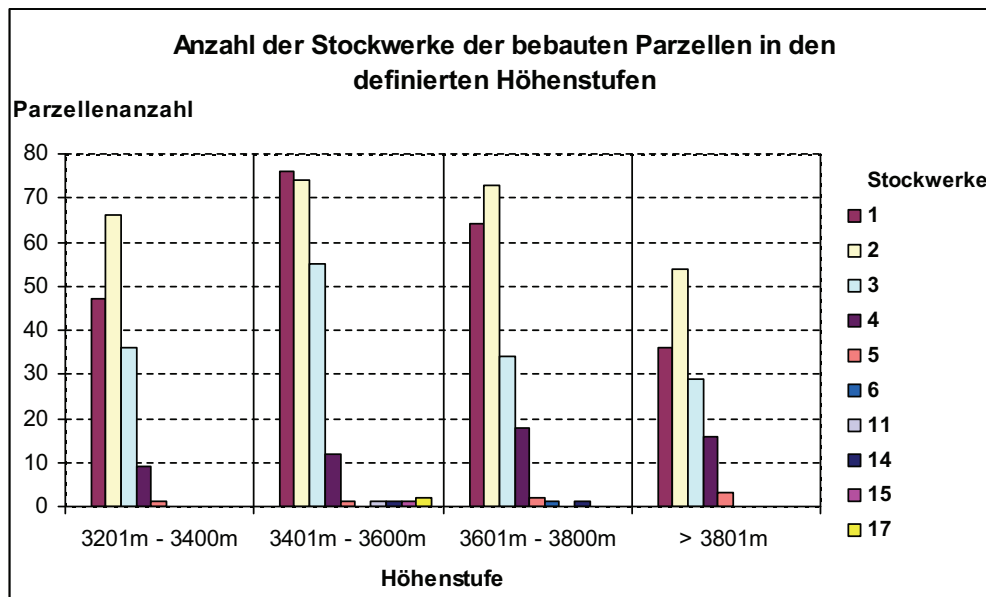


Abb. 13: Anzahl der Geschosswerkzahl der Gebäude, gestuft in Höhenzonen.

Nicht alle untersuchten Parzellen wiesen eine vertikale Begrünung in Form von Fassadenbegrünung, Mauerbegrünung oder lebenden Zäunen auf. Von den erfassten Parzellen wiesen 530 keine vertikale Begrünung auf, während 228 Parzellen eine vertikale Begrünung hatten. Das heißt, dass nur 1/3 der untersuchten Parzellen vertikal begrünt sind (Siehe auch Abb. 14). Die Anzahl der Grundstücke mit

vertikaler Begrünung ist im Süden der Stadt in der niedrigsten Höhenstufe deutlich am höchsten.

Anzahl \ Höhenstufe	3201m – 3400m	3401m – 3600m	3601m – 3800m	> 3801m	Insgesamt
Parzellen mit vertikaler Begrünung	92	82	41	13	228
Parzellen ohne vertikale Begrünung	77	164	163	126	530

Jedoch sind für die Analyse zur vertikalen Begrünung die prozentualen Werte entscheidend aussagekräftiger (Siehe Abb. 14.). Die vertikale Begrünung nimmt mit größerer Höhe ab, wie umgekehrt der Prozentsatz der nicht vertikal begrünter Parzellen auf größeren Höhenmetern zunimmt. So haben ab 3800m nur knapp 10% der Parzellen eine vertikale Begrünung, während in der Südzone (3201m – 3400m) über 50% der Parzellen eine vertikale Begrünung aufweisen.

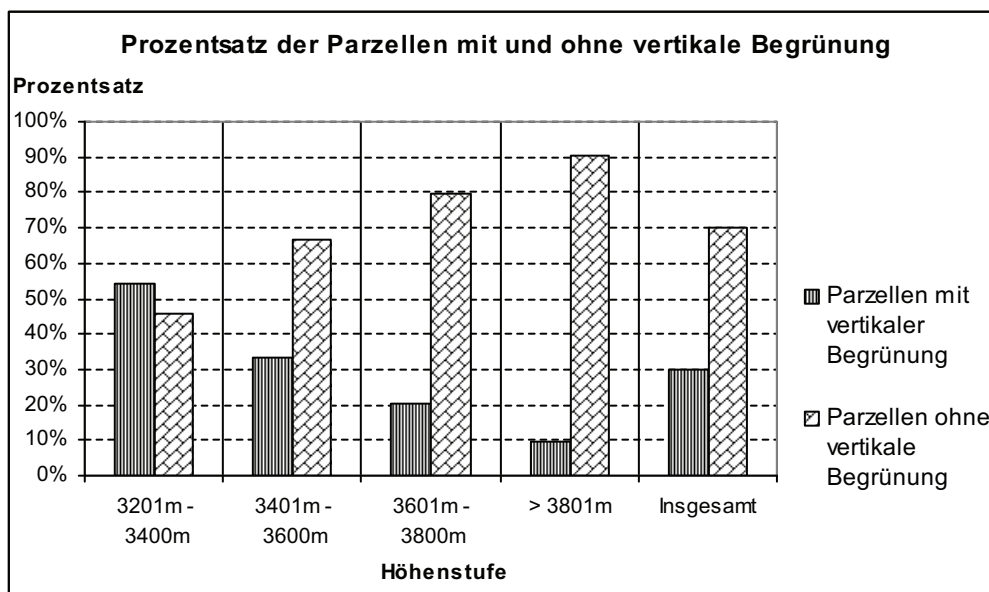


Abb. 14: Verteilung von Parzellen mit und ohne vertikale Begrünung in den Höhenstufen zwischen 3200 m und über 3800 m.

Überraschend ist, dass Parzellen mit reiner Gewerbenutzung prozentual mehr vertikale Begrünung (43%) besitzen als Parzellen mit reiner Wohnnutzung (34%) oder Mischnutzung (17%). Zu beachten ist jedoch, dass die Aufnahmen in Wohnvierteln realisiert wurden, sodass die prozentuale, vertikale Begrünung im Handelszentrum von La Paz höchstwahrscheinlich anders ausfällt.

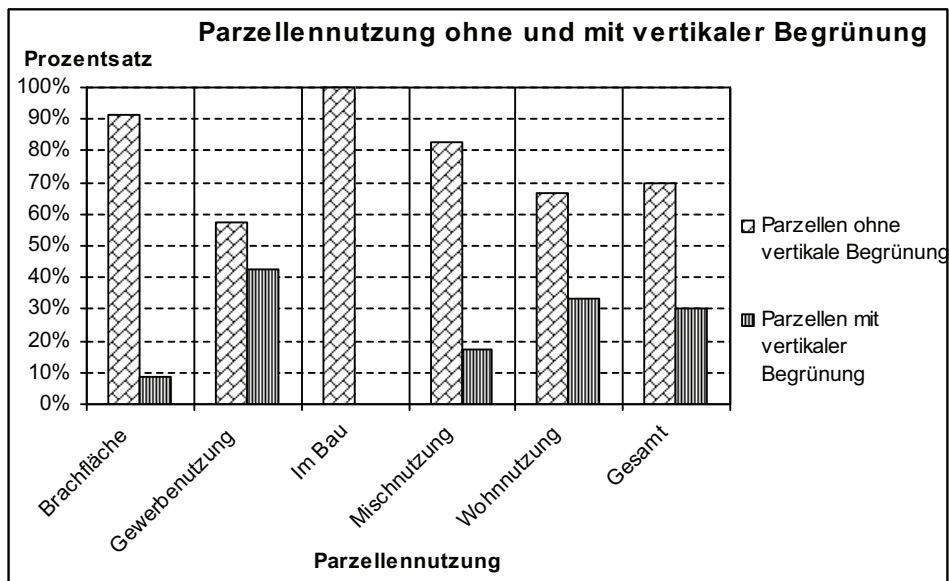


Abb. 15: Parzellennutzung in Bezug zu der vertikalen Begrünung.

Die folgende Grafik zeigt, dass in tieferen Lagen die Parzellen allgemein mehr offene unversiegelte Flächen, meistens mit Bepflanzung (horizontale Grünflächen) aufweisen. Mit zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel nehmen die Parzellen mit horizontaler Grünfläche und vertikaler Begrünung ab. In der Südzone (3201m – 3400m) besitzen knapp 90% der Parzellen horizontale Grünflächen. In höherer Lage tendieren die Parzellen dazu, vertikale Begrünungen zu besitzen, auch wenn keine offenen unversiegelten Flächen (Grünflächen) anzufinden sind. D.h. in höheren Lagen werden vertikale Begrünungen, in Trögen oder Kasten häufig verwendet, bzw. oft wird nur ein ganz kleiner Spalt zwischen zementversiegelter Bodendecke und Wand offen gelassen, in dem Pflanzen für vertikale Begrünungen Platz finden.

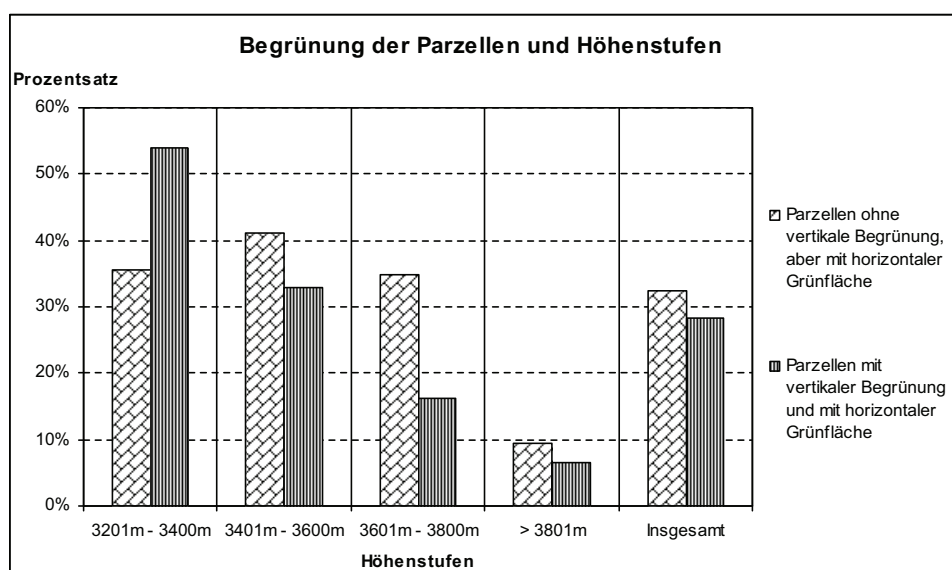


Abb. 16: Parzellen mit und ohne horizontale Grünflächen in den definierten Höhenstufen.

Wird der Begrünungstyp je Höhenmeter analysiert, tritt eine eindeutige Tendenz in Augenschein (Siehe Abb. 17). Begrünte Fassaden werden allgemein wenig in der Naturation von La Paz eingesetzt und sind nur in tieferen Höhenstufen anzutreffen, während Mauerbegrünung am häufigsten und in allen Höhenzonen Verwendung findet. Lebende Zäune (Hecken) sind durchgehend bis knapp über 3800m über dem Meeresspiegel vorhanden.

Interessant jedoch ist, dass Hecken prozentual in größerer Höhe abnehmen, während die vertikale Begrünung an Mauern mit der Zunahme der Höhenmeter allgemein auch ansteigt. Bei der Fassadenbegrünung lässt sich nicht wirklich eine Tendenz im Bezug zur Höhenstufe ablesen. Insgesamt gilt für die Naturation in La Paz, dass Fassadenbegrünung mit 7% am wenigsten genutzt wird. Darauf ansteigend werden mit 34 Prozentanteil Hecken und am häufigsten mit 59 Prozentanteil die Begrünung an Mauern angewendet. Der Grafik ist auch zu entnehmen das in tieferen Höhenstufen öfter mehrere verschiedene vertikale Begrünungstypen auf einer Parzelle gleichzeitig verwendet werden. Insgesamt weisen 5% der vertikal begrüneten Parzellen die Nutzung verschiedener Begrünungstypen auf.

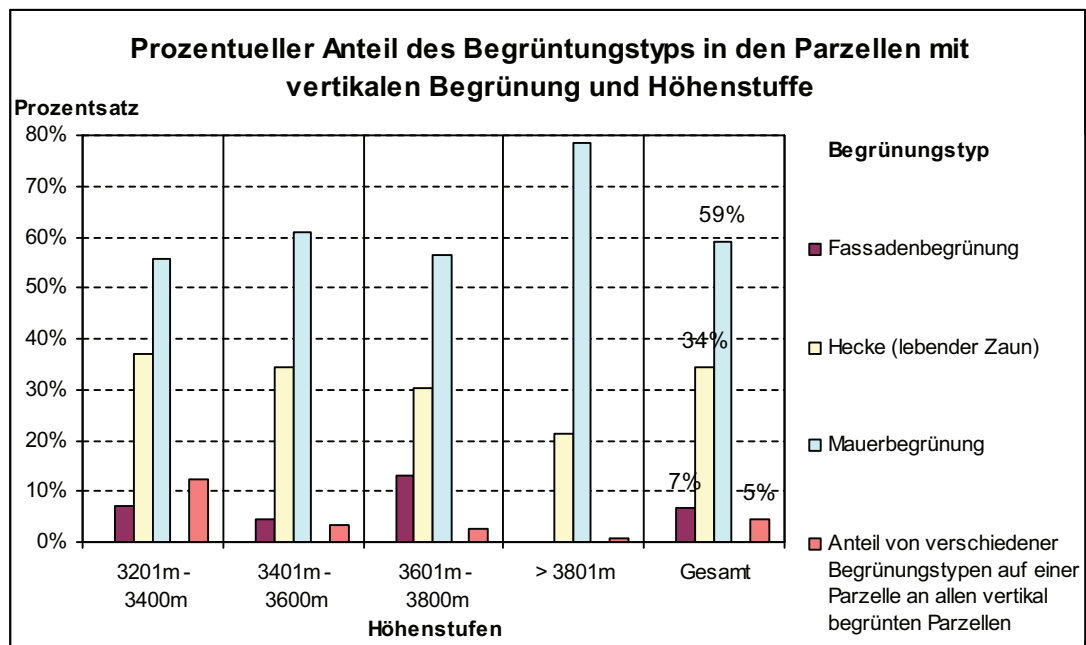


Abb. 17: Fassaden-, Mauerbegrünung und Hecken in den untersuchten Höhenstufen.

Gezählt wird jede Pflanzenart einmalig pro Parzelle, unabhängig davon in wie vielen Begrünungstypen sie vorkommt. Die Abbildung 18 zeigt, wie die Verteilung der Artenanzahl auf allen Parzellen in einer Höhenstufe je Begrünungstyp ist. Zu sehen ist, dass die Streuung der Artenanzahl an Mauerbegrünungen am größten ist, gefolgt von Hecken und Fassadenbegrünungen.

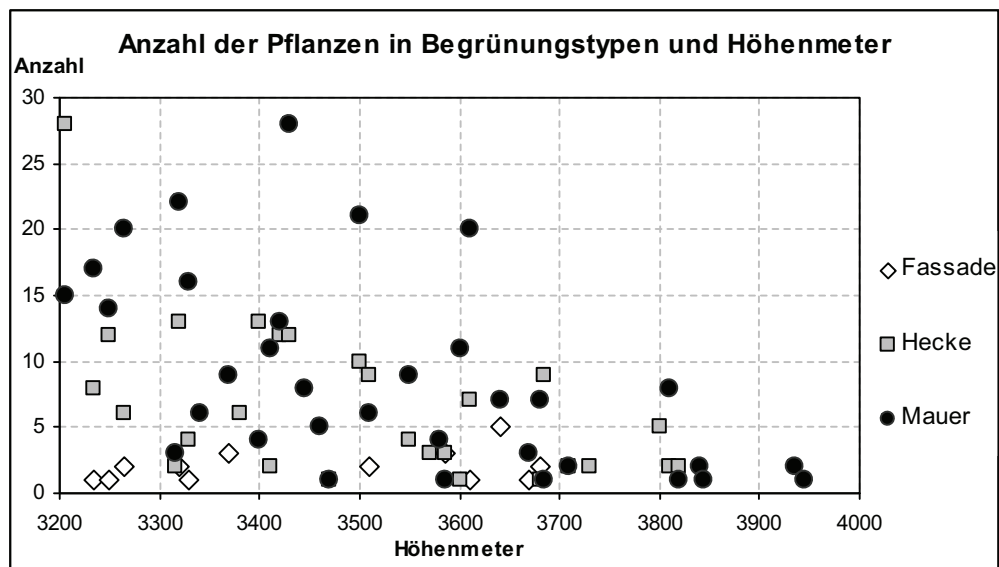


Abb. 18: Anzahl der Pflanzenarten in Begrünungstypen und Höhenmetern.

Durchschnittlich wurden 2,2 Arten je Parzelle mit vertikaler Begrünung vorgefunden, wobei allerdings knapp die Hälfte der Parzellen (103) nur eine Pflanzenart je Begrünung aufweist. Allgemein ist sehr deutlich zu erkennen, dass die Parzellenaufnahmen mit steigender Artenzahl abnehmen. Es gibt viele Parzellen mit 1 bis 2 Arten und sehr wenige Parzellen mit mehr als 4 Arten.

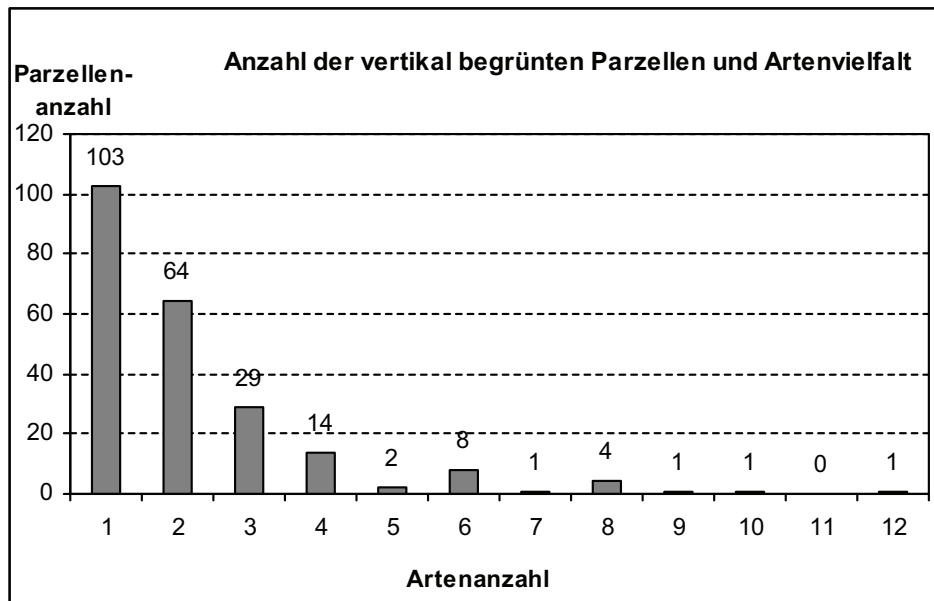


Abb. 19: Artenvielfalt der Parzellen.

Wird der Parameter Exposition im Vergleich zu Vitalität nach der Anzahl der Pflanzenarten gemessen, ist die Erkenntnis, dass die meisten Pflanzen sehr vital sind, jedoch im Bezug zur Exposition keine besondere Relevanz besteht.

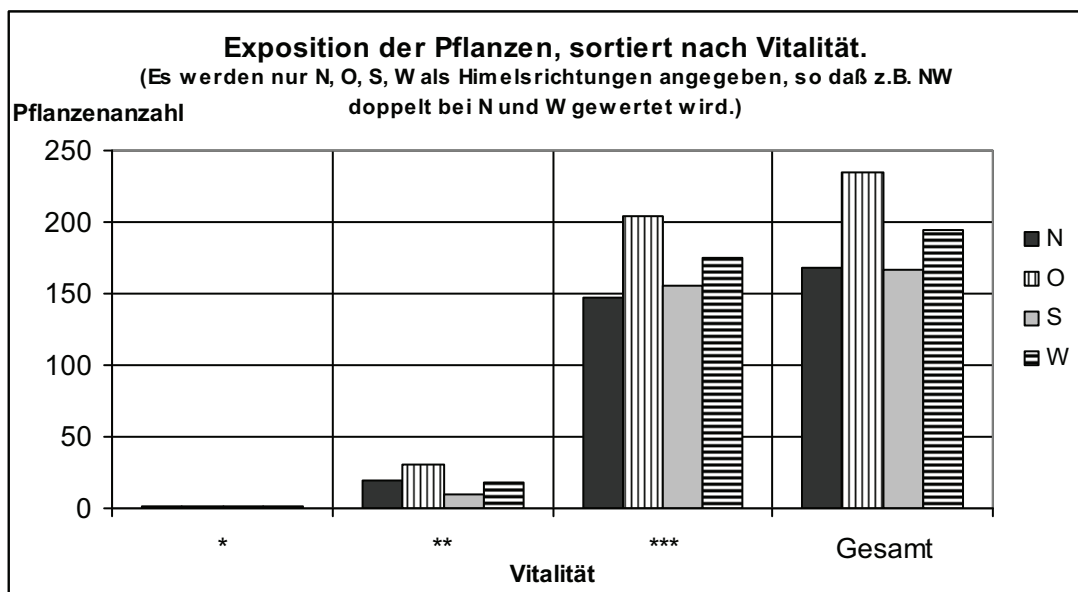


Abb. 20: Vitalität und Häufigkeit der Exposition der Pflanzen in vertikalen Begrünungen.

Die erfassten Parameter Wuchsfreudigkeit, Vitalität sowie Exposition haben keine relevante Aussagekraft und werden deshalb nicht weiter in die Analyse einbezogen. Grund dafür ist wohl die Lage in den Tropen, da sich der Verlauf der Sonne kaum verändert und die Sonne mittags quasi immer im Zenit steht.

4.1.3 Korrelation zwischen Naturation und architektonischer Struktur sowie Bevölkerungsdichte

Die folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen den wichtigsten Parametern (Häuserblock, Parzelle, Blockeinwohner, Höhenmeter, Höhenstufe, Parzellennutzung, Stockwerke, horizontale Grünfläche, vertikale Begrünung, Artenanzahl pro Parzelle) nach dem Pearson-Korrelationskoeffizient.

Correlaciones										
	Blocknummer	Parzellennummer	Blockeinwohner	Höhenmeter	Hostu_Kia	Parmut_Kia	Stockwerke	Grünflis_Kia	Begrün_Kia	Artenanzahl
Blocknummer	1	.997**	.429**	.671**	.686**	-.084*	.151**	.464**	.282**	-.227**
			.000	.000	.000	.021	.000	.000	.000	.000
			.719	.758	.758	.758	.714	.758	.758	.758
Parzellennummer	.997**	1	.446**	.687**	.696**	-.086**	.158**	.473**	.281**	-.228**
			.000	.000	.000	.018	.000	.000	.000	.000
			.719	.719	.719	.719	.714	.758	.719	.758
Blockeinwohner	.429**	.446**	1	.249**	.219**	-.074*	.127**	.154**	.148**	-.131**
				.000	.000	.043	.001	.000	.000	.000
				.719	.719	.758	.714	.758	.719	.758
Höhenmeter	.671**	.687**	.249**	1	.954**	-.068	.056	.497**	.347**	-.317**
					.000	.063	.132	.000	.000	.000
					.758	.758	.714	.758	.758	.758
Hostu_Kia	.686**	.696**	.219**	.954**	1	-.074*	.023	.474**	.334**	-.296**
						.043	.597	.000	.000	.000
						.758	.714	.758	.758	.758
Parmut_Kia	-.084*	-.086**	-.074*	-.068	-.074*	1	.127**	.154**	.148**	-.131**
							.001	.000	.000	.000
							.714	.758	.758	.758
Stockwerke	.151**	.158**	.127**	.056	.023	.127**	1	.166**	.027	-.017
								.000	.476	.659
								.714	.714	.714
Grünflis_Kia	.464**	.473**	.285**	.497**	.474**	.154**	.166**	1	.439**	-.338**
									.000	.000
									.758	.758
Begrün_Kia	.282**	.281**	.148**	.347**	.334**	.148**	.027	.439**	1	-.723**
										.000
										.758
Artenanzahl	-.227**	-.228**	-.131**	-.317**	-.296**	-.131**	-.017	-.338**	-.723**	1

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).
* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Abb. 21: Korrelation einiger wichtiger Parameter.

Beträgt der Korrelationskoeffizient mehr als + 0,3 oder weniger als – 0,3 so besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass zwischen den Parameter ein relevanter Zusammenhang existiert (BROSIUS 2008). Aus der Tabelle ist abzulesen, dass zwischen der Lage (Häuserblock, Parzelle und Höhenmeter oder Höhenstufe) und der Naturation (horizontale Grünflächen, vertikale Begrünung und Artenvielfalt) allgemein ein Zusammenhang besteht. Einen eindeutigeren Nachweis zeigt die Grafik der Abbildung 14. Zu sehen ist, dass die prozentuale Anzahl von Parzellen mit vertikaler Begrünung mit steigenden Höhenmetern abnimmt, bzw. die Anzahl von Parzellen ohne vertikale Begrünung je Höhenstufe ansteigt. Aus der Tabelle ist abzulesen, dass der Parameter Häuserblock mit dem Parameter horizontale Grünflächen einen Korrelationskoeffizienten von fast 0,5 angibt, sowie mit dem Parameter vertikale Begrünungen einen Korrelationskoeffizienten von ca. 0,3 anzeigt. D.h. man kann durch Besichtigung einiger wenigen Grundstücke eines Bezirks, Rückschlüsse auf horizontale Grünflächen oder vertikale Begrünungen für das gesamte Wohnviertel, mit einer entsprechend hohen Treffsicherheit, voraussagen.

(Im Anhang ist eine Tabelle zu finden, die so eine prozentuale Schätzung zum Anteil von horizontalen Grünflächen oder vertikalen Begrünungen für die Erfassten Wohnviertel angibt.)

4.1.4 Artenvielfalt

In der Studie wurden 64 Pflanzenarten aus 35 Familien erfasst. Die größte Artenvielfalt wurde in den tieferen Höhenstufen (mit 39 und 40 Spezies) registriert, wo allgemein mehr Begrünung anzufinden ist.

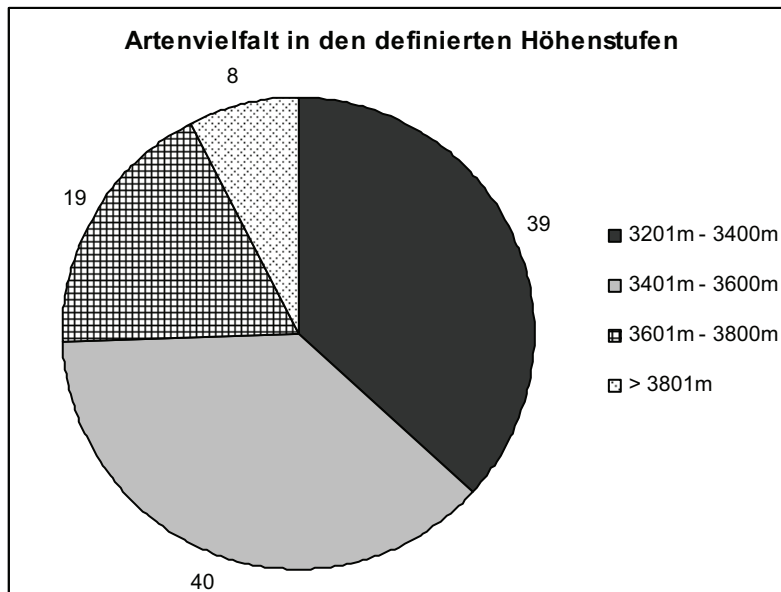


Abb. 22: Anzahl der Pflanzenarten in den verschiedenen Höhenstufen.

Die 8 Pflanzenarten, die über 3801m erfasst wurden, sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. Vier dieser Arten wachsen von natürlichem Ursprung in dieser Region, was darauf schließen lässt, dass diese Arten an die hiesigen Bedingungen gut angepasst sind, d.h. geringere Ansprüche haben, um gut zu gedeihen, und von der sozioökonomischen, schwächeren Bevölkerungsschicht deswegen eingesetzt werden.

Tabelle 3: Herkunft der Pflanzenarten die über 3801m während der Erhebung erfasst wurden.

Nr.	Spezies	Herkunft
1	<i>Buddleja coriacea</i>	Native Art
2	<i>Cantua buxifolia</i>	Native Art
3	<i>Hedera helix</i>	Exoten
4	<i>Lavatera assurgentiflora</i>	Südamerikanisch Art
5	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	Exoten
6	<i>Passiflora mollissima</i>	Native Art
7	<i>Rosa sp.</i>	Exoten
8	<i>Senecio dictyophlebius</i>	Native Art

12 Arten wurden mehr als zehnmals erhoben, während der Rest der Arten eher selten vorgefunden wurde. Der Efeu (*Hedera helix*) wurde mit 97 Exemplaren am häufigsten erfasst. Mit großem Abstand folgten 50 Rosenerhebungen. *Bougainvillea glabra*, *Pelargonium peltatum*, *Passiflora mollissima* und *Muehlenbeckia complexa* kamen weniger häufig vor.

Die einheimische *Passiflora mollissima* sowie die eingeführten *Hedera helix* und Rosenarten waren die einzigen, die bei den Aufnahmen in allen Höhenstufen erhoben wurden.

Bemerkenswert ist, dass von den zwölf häufigsten Arten 10 Kletterpflanzen sind. Aufschluss dafür gibt die Abb. 17, in der abzulesen ist, dass 2/3 der vertikalen Begrünungen an Mauern und Fassaden vorzufinden sind. Auch ist zu erinnern, dass viele Kletterpflanzen in lebenden Zäunen Verwendung finden.

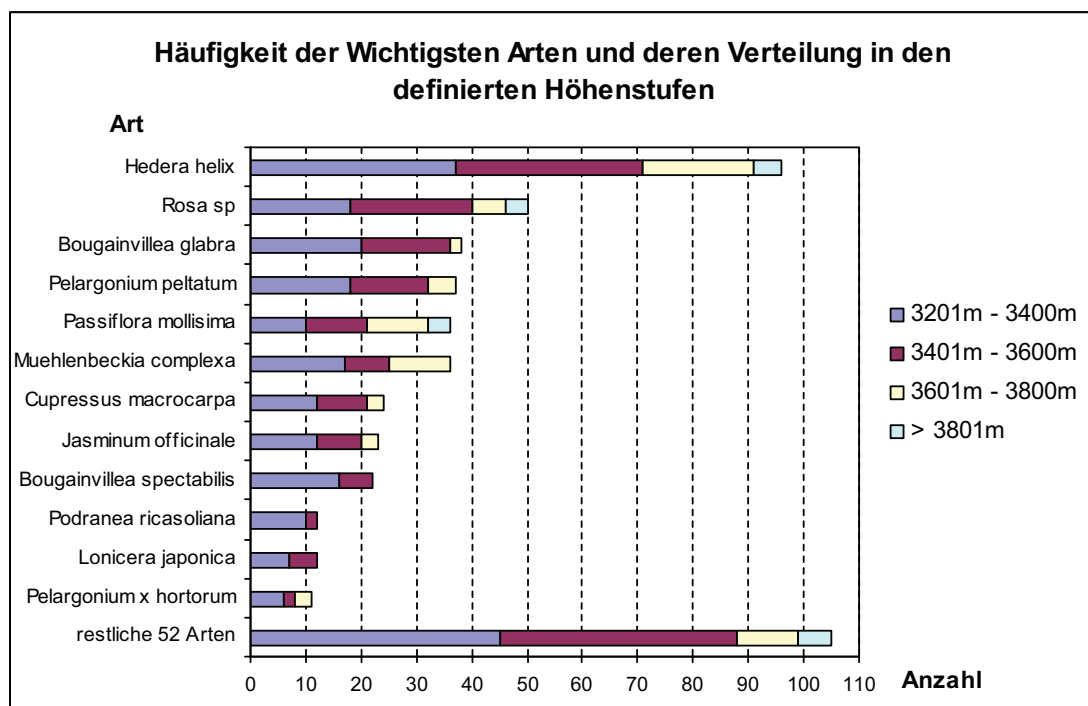


Abb. 23: Anzahl und Verteilung der häufigsten Arten in den verschiedenen Höhenstufen.

Betrachtet man die Artenvielfalt an vertikalen Begrünungen in Bezug zur Stockwerkzahl der Gebäude, so ist diese am höchsten bei Parzellen mit einer

Bebauung von 2 Stockwerken. Dies hängt wohl auch damit zusammen, dass die meisten Erhebungen an Gebäuden mit 1 bis 3 Stockwerken durchgeführt wurden.

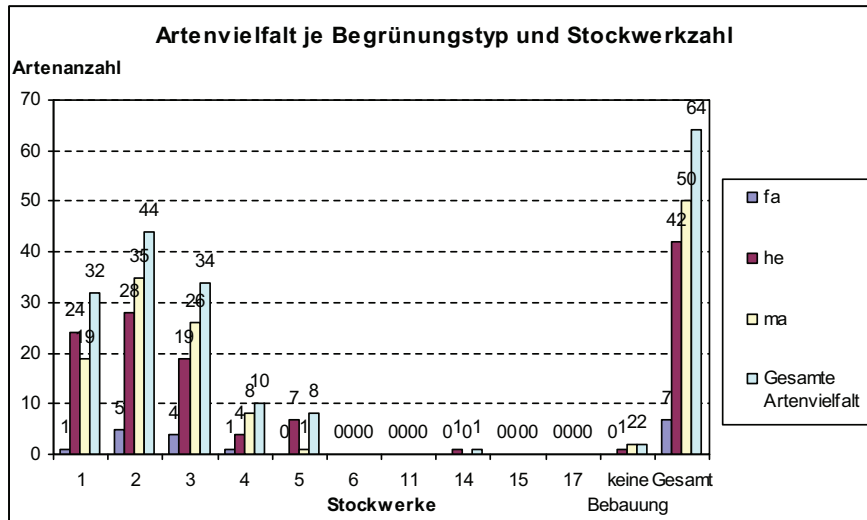


Abb. 24: Artenvielfalt in den verschiedenen Begrünungstypen und Stockwerkzahl.

4.1.5 Vergleich mit früheren Erhebungen

Die komplette Artenliste für vertikale Begrünungen in La Paz beträgt 100 registrierte Spezies. In der diesjährigen Erhebung sind 64 Arten erfasst wurden, von denen 12 neu ins Register aufgenommen wurden. Drei Arten konnten nicht bestimmt werden. Alle Rosenarten wurden in der diesjährigen Erhebung als *Rosa sp.* gewertet. Für die komplette Artenliste, die im Anhang zu finden ist, wurden die Rosen weitmöglich bestimmt und drei verschiedenen Subspezies abgrenzt.

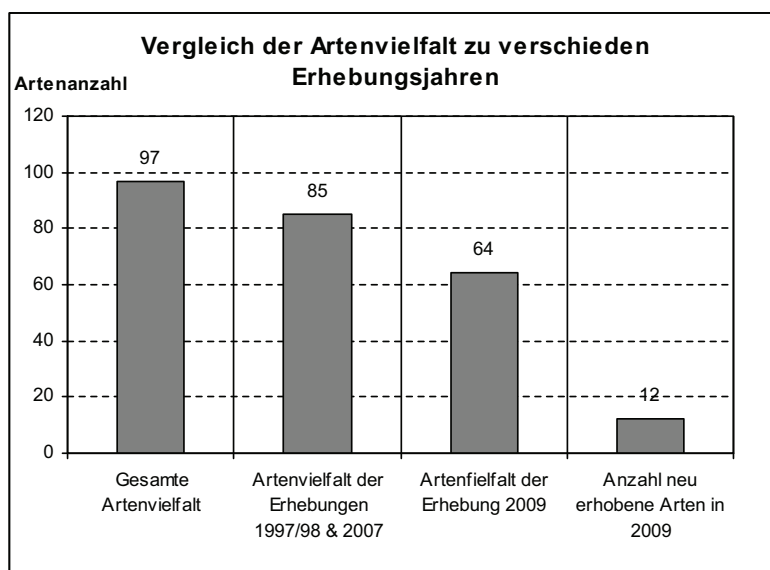


Abb. 25: Vergleich der Artenvielfalt.

4.2 Eigenschaften der Arten

4.2.1 Herkunft der Arten

Mehr als die Hälfte der Arten, die in vertikaler Begrünung von La Paz verwendet werden, sind heimisch in anderen Florenreichen als in den Neotropen, d.h. ihr Ursprung ist außerhalb Südamerikas. 41 Arten kommen aus den Neotropen, von denen 20 Spezies ihre natürliche Verbreitung in der Region um La Paz haben.

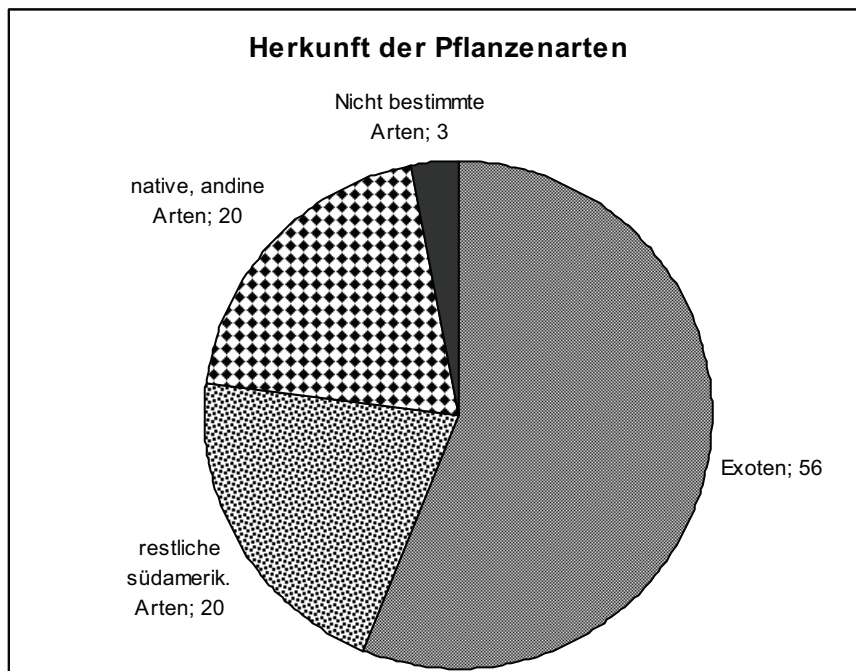


Abb. 26: Anzahl der Arten nach Herkunft.

Von den 21 nativen, andinen Pflanzen, die in der nachfolgenden Tabelle zu sehen sind, gibt es nur wenige Arten die häufig in vertikalen Begrünungen von La Paz angefundnen werden. Dazu zählt *Passiflora mollissima*, *Cantua buxifolia* und *Senecio dictyophlebius*. Viele der nativen Arten wie *Trichocereus pasacana*, *Brugmansia arborea*, *B. sanguinea*, *Aloysia citriodora* finden eher Verwendung als Einzelpflanzen und zeigen keine wirklich klare Nutzung als großflächige Begrünung. Einige haben sich auch auf natürlicher Weise (z.B. Windverbreitung) in vertikalen Begrünungen angesiedelt, wie z.B. der Halbparasit *Tripodanthus acutifolius* oder die unten in der Liste genannten *Tropaeolumarten*.

Tabelle 4: Liste der native, andine Arten.

Nr.	Familie	Specie
1	Asteraceae	Senecio dictyophlebius
2	Berberidaceae	Berberis boliviana
3	Buddlejaceae	Buddleja coriacea
4	Cactaceae	Corryocactus melanotrichus
5	Cactaceae	Trichocereus pasacana
6	Loranthaceae	Tripodanthus acutifolius
7	Passifloraceae	Passiflora aff. pinnatistipula
8	Passifloraceae	Passiflora mollissima
9	Polemoniaceae	Cantua buxifolia
10	Ranunculaceae	Clematis seemannii
11	Rosaceae	Polylepis besseri
12	Solanaceae	Brugmansia arborea
13	Solanaceae	Brugmansia sanguinea
14	Solanaceae	Capsicum pubescens
15	Solanaceae	Cestrum parqui
16	Solanaceae	Dunalia brachyacantha
17	Tropaeolaceae	Tropaeolum bolivianum
18	Tropaeolaceae	Tropaeolum peregrinum
19	Tropaeolaceae	Tropaeolum seemannii
20	Verbenaceae	Aloysia citriodora

4.2.2. Funktionsnutzung der Arten

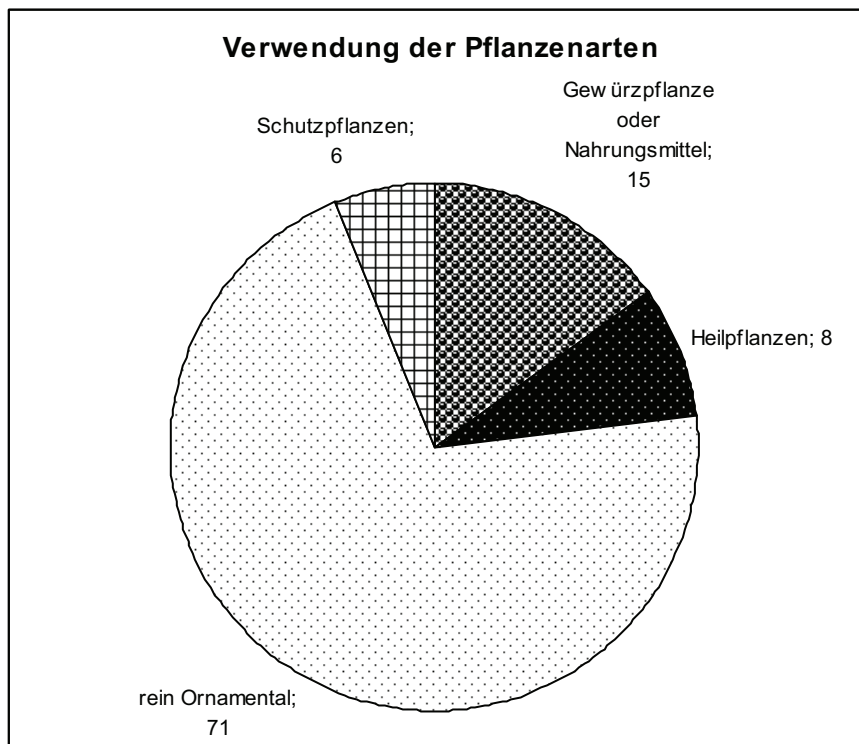


Abb. 27: Zusätzliche Funktionsnutzung der Arten die in vertikaler Begrünung genutzt werden.

In der vertikalen Begrünung von La Paz finden zwei Drittel der Pflanzenarten ihren Nutzen nur in der ornamentalen Funktion. Einige dieser Arten besitzen besonders sehenswerte Blüten und werden deswegen eingesetzt. Z.B. *Brugmasia arborea*, *Brugmansia sanguinea*, *Cantua buxifolia*, *Lantana camara*, *Solanum wendlandii*, *Wisteria sinensis*. Andere wiederum überzeugen, da sie immergrün sind, wie *Cupressus macrocarpa*, *Cupressus lusitanica*, *Ligustrum lucidum* oder *Ligustrum ovalifolium*.

6 Pflanzen besitzen Stacheln, Dornen oder andere Schmerz erzeugende Organe, die somit zusätzliche ihren Einsatz als Schutzfunktion begründen (Sieh Tabelle 6). In der Tabelle 6 werden nur einige Rosenarten beachtet, da diese weniger auffälligere Blüten besitzen als andere Rosenarten.

Tabelle 5: Pflanzenarten und ihre Schmerz erzeugende Organe.

Nr.	Spezies	Schutz-Organ
1	Berberis boliviana	Stacheln
2	Berberis sp.	Stacheln
3	Corryocactus melanotrichus	Dornen
4	Trichocereus pasacana	Dornen
5	Rosa canina subsp.	Stacheln
6	Rosa cymosa subsp.	Stacheln

15 der in vertikalen Begrünungen verwendeten Arten werden außerdem als Nahrungsmittel angebaut oder finden in der traditionellen Küche als Gewürz Anwendung.

Tabelle 6: Pflanzenarten die als Nahrungsmittel oder Gewürz genutzt werden.

Nr.	Spezies	Funktionsnutzung
1	Aloysia citriodora	Gewürzpflanze
2	Capsicum pubescens	Nahrungsmittel
3	Citrus sinensis	Nahrungsmittel
4	Ficus carica	Nahrungsmittel
5	Malus sylvestris	Nahrungsmittel
6	Opuntia ficus-indica	Nahrungsmittel
7	Passiflora aff. pinnatistipula	Nahrungsmittel
8	Passiflora caerulea	Nahrungsmittel
9	Passiflora mollissima	Nahrungsmittel
10	Prunus persica	Nahrungsmittel
11	Prunus salicifolia	Nahrungsmittel
12	Rubus fruticosa	Nahrungsmittel
13	Schinus molle	Gewürzpflanze
14	Teucrium fruticans	Gewürzpflanze
15	Vitis vinifera	Nahrungsmittel

8 Arten finden in der traditionellen Medizin, hauptsächlich als Mate und Aufguss, Verwendung. Leider ist in den letzten Jahren sehr viel mündlich überliefertes Wissen in der indigenen Bevölkerung verloren gegangen, da die nachkommenden Generationen kein Interesse mehr an der traditionellen Medizin haben.

Tabelle 7: Pflanzenarten die in vertikalen Begrünungen und Heilwirkungen haben.

Nr.	Spezies	Funktionsnutzung
1	Baccharis latifolia	Heilpflanze
2	Buddleja coriacea	Heilpflanze
3	Cestrum parqui	Heilpflanze
4	Jasminum officinale	Heilpflanze
5	Lavandula dentata	Heilpflanze
6	Lavatera assurgentiflora	Heilpflanze
7	Ruta chalepensis	Heilpflanze
8	Spartium junceum	Heilpflanze

4.2.3. Wuchsform der Arten

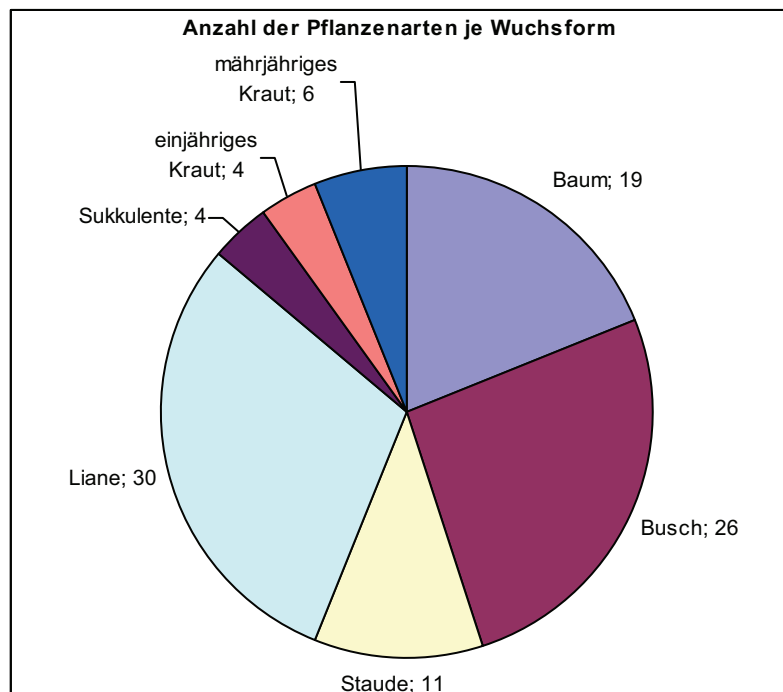


Abb. 28: Wuchsform der erfassten Pflanzenarten.

Interessant ist die Anzahl der Wuchsformen der Arten zu vergleichen. Mit 30 Exemplaren stehen die Lianen, an der Spitze, gefolgt von 26 buschartigen Pflanzen, 19 Baumarten, 11 Stauden, 4 Sukkulenten und 10 Kräutern. Bei den Kräutern wurde

vier Arten (*Lathyrus latifolius*, *Tropaeolum peregrinum*, *Tropaeolum bolivianum* und *Tropaeolum seemannii*) als einjährig gewertet, da diese in La Paz vor allem wegen der Kälte aber auch wegen der Trockenheit ganz abstirbt. Während der *Tropaeolum majus* in Europa einjährig ist, wächst er in La Paz meistens mehrjährig. Die anderen Krautarten sind immer mehrjährig.

Tabelle 8: Artenliste mährjähriger Kräuter (alphabetisch geordnet).

Nr.	Spezies	Wuchsform
1	Chusquea sp.	mehrjähriges Kraut
2	Clematis seemannii	mehrjähriges Kraut
10	Lathyrus latifolius	einjähriges Kraut
3	Ranunculus sp.	mehrjähriges Kraut
4	Tropaeolum bolivianum	einjähriges Kraut
5	Tropaeolum majus	mehrjähriges Kraut
6	Tropaeolum peregrinum	einjähriges Kraut
7	Tropaeolum seemannii	einjähriges Kraut
8	Vinca major	mehrjähriges Kraut
9	Zantedeschia aethiopica	mehrjähriges Kraut

Insgesamt wurden 36 Lianen und kletternde Kräuter erhoben, wovon nur drei selbstklimmende sind. Eine *Vitis rupestris* ähnliche Art, die Haftscheibenwurzeln bildet, sowie die beiden Wurzelkletterer *Campsis grandiflora* und *Hedera helix* (Siehe Tabelle 9). Die restlichen 33 Kletterpflanzen benötigen Kletterhilfen. Diese können weiter unterschieden werden in 7 Schling- oder Windepflanzen, 14 Rankpflanzen und 13 Spreizklimmer.

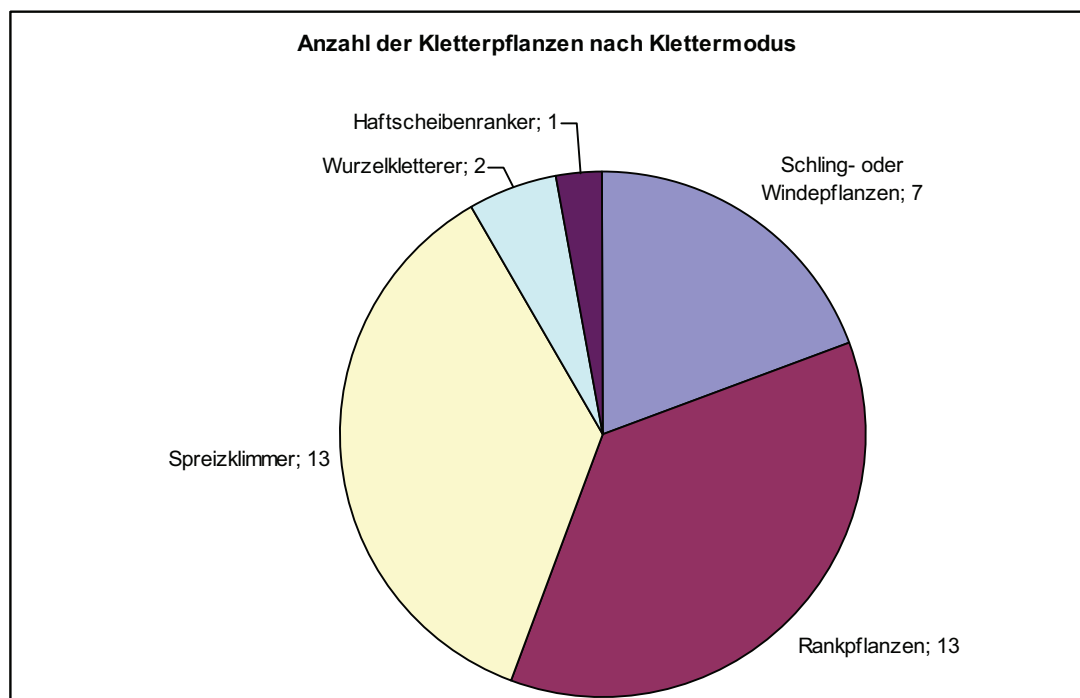


Abb. 29: Anzahl der Kletterpflanzen und Klettermodus.

Tabelle 9: Pflanzenarten geordnet nach Klettermodus

Nr.	Spezies	Klettermodus	
1	Bougainvillea glabra	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
2	Bougainvillia spectabilis	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
3	eventuell Ligustrum sp	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
4	Jasminum mesnyi	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
5	Pelargonium peltatum	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
6	Plumbago capensis	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
7	Rosa canina subsp.	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
8	Rosa cymosa subsp.	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
9	Rosa odorata subsp.	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
10	Rosa sp.	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
11	Rubus fruticosa	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
12	Senecio dictyophlebius	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
13	Solanum wendlandii	Gerüstkletterpflanzen	Spreizklimmer (K)
14	Clematis seemannii	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
15	Cobaea scandens	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
16	Lathyrus latifolius	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
17	Passiflora aff. pinnatistipula	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
18	Passiflora caerulea	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
19	Passiflora mollissima	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
20	Podranea ricasoliana	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
21	Pyrostegia ignea	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
22	Tropaeolum bolivianum	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
23	Tropaeolum majus	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
24	Tropaeolum peregrinum	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
25	Tropaeolum seemannii	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
26	Vitis vinifera	Gerüstkletterpflanzen	Ranker (R)
27	Fallopia aubertii	Gerüstkletterpflanzen	Schlinger/Winder (S)
28	Ipomoea alba	Gerüstkletterpflanzen	Schlinger/Winder (S)
29	Jasminum officinale	Gerüstkletterpflanzen	Schlinger/Winder (S)
30	Lonicera japonica	Gerüstkletterpflanzen	Schlinger/Winder (S)
31	Lonicera periclymenum	Gerüstkletterpflanzen	Schlinger/Winder (S)
32	Muehlenbeckia complexa	Gerüstkletterpflanzen	Schlinger/Winder (S)
33	Wisteria sinensis	Gerüstkletterpflanzen	Schlinger/Winder (S)
34	Vitis rupestris ähnlich	Selbstklimmer	Haftscheibenranker (RH)
35	Campsis grandiflora	Selbstklimmer	Wurzelkletterer (WK)
36	Hedera helix	Selbstklimmer	Wurzelkletterer (WK)

4.3 Ergebnisse des Biotopflächenfaktors

Der Biotopflächenfaktor zeigt genau das Ergebnis auf, was die Erhebungen zu vertikalen Begrünungen auch zeigen. So besitzt der Häuserblock im zentrumsnahen Wohnviertel San Pedro einen BFF-Wert von 0,07. Dieser niedrige Wert sollte politischen Entscheidungsträger der Stadt zu neuen Bau- und Sanierungsrichtlinien verhelfen. Der Häuserblock in der Südzone, Calacoto, hat einen BFF-Wert von 0,48, was fast dem BFF-Ziel (bei reiner Wohnnutzung: 0,60) der Stadtverwaltung für Stadtentwicklung in Berlin, entspricht. (Siehe Abb. 30. und 31.)

Dieses Resultat ist wenig überraschend, da die Versiegelung in Zentrumsnähe schon sichtlich evident ist, wie umgekehrt in der Südzone Grundstücke mit (großen) Gärten vorhanden sind. Für politische Entscheidungen in der Stadtplanung und deren gesetzlichen Vollzug ist es wichtig, aktuelle und exakte Daten zur Bodenversiegelung zu besitzen, um so BFF-Werte für La Paz vorzuschreiben. Jedoch müssten dafür weitere Erhebungen in verschiedenen Zonen und für unterschiedliche Bebauungs- und Nutzungsstrukturen gemacht werden, wobei auch die Höhenstufe berücksichtigt werden sollte. Ein erster Vergleich von Wohnvierteln in verschiedenen Höhenstufen findet sich bei FRANKEN et al. (2009). In dieser Arbeit wurden durchschnittliche BFF-Werte pro Wohnviertel zwischen 0,04 (San Pedro) und 0,22 (Auquisamaña, Suedzone) registriert.

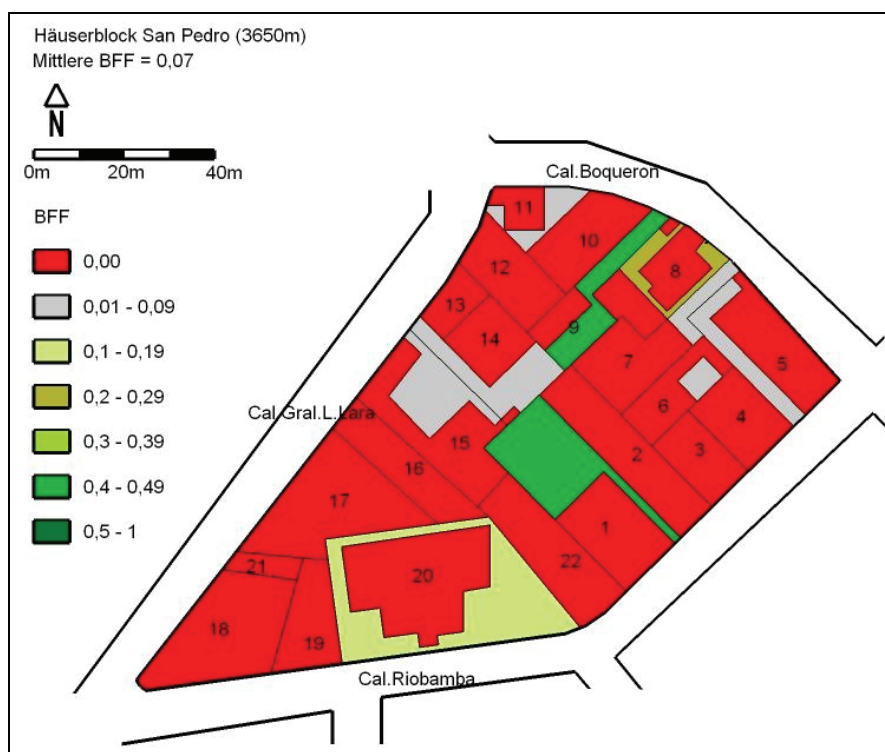


Abb. 30: Kartografie des Biotopflächenfaktors im zentrumsnahen Wohnviertel San Pedro.



Abb. 31: Kartografie des Biotopflächenfaktors im Wohnviertel Calacoto, in der Suedzone der Stadt.

4.4 Begrünung des Gebäudes „Club La Paz“ als Beispiel zukünftiger Naturation im Zentrum der Stadt

4.4.1 Lage des Gebäudes

Das Gebäude Club La Paz befindet sich im Zentrum der Stadt, neben dem Obelisken, wo die Bankierstraße Camacho (Nordost) und die Straße Mariscal Santa Cruz, bekannt als der Prado, zusammentreffen. Beide Strassen sind Hauptdurchgangsstrassen mit hohem Verkehrsaufkommen. Im Nordwesten, zwischen dem Gebäude und dem Obelisken, verläuft noch die Straße Ayachucho. An dieser Gebäudefront, die 17m lang ist, befindet sich ein imposanter Haupteingang, markiert von Säulen und Stufen. Die Seiten des Gebäudes betragen 35m und eine 3m breite, offene Parkspur begrenzt von hinten das Gebäude. Die Parzelle grenzt dort an ein Bankgebäude an. Da die beiden Straßen an den Gebäudeseiten sich auf unterschiedlichen Höhenmetern befinden, ist auf der Seite des Prado (südwestlich) ein zusätzliches Stockwerk eingebaut. Auf dieser Seite sind viele kleine Räume eingebaut, die von verschiedenen Händlern gepachtet werden. Auf der anderen Seite befinden sich mehrere Cafés. Das Gebäude besitzt 5 bzw. 6 Stockwerke, wobei im zweiten bzw. dritten Stockwerk mittig je ein 8m langer und 1m breiter Balkon an den Längsseiten des Gebäudes installiert ist.



Abb. 32: Sicht von Norden auf das Gebäude „Club La Paz“ das als theoretisches Beispiel zu Naturation verwendet wird. Rechts vom Gebäude die Avenida Mariscal Santa Cruz, links die Camacho Strasse und im Vordergrund die Strasse Ayacucho. (eigenes Foto, 25.08.2009)

4.4.2 Planung der Begrünung

Die Begrünung des Gebäudes kann durch große, kostspielige Maßnahmen realisiert werden oder durch einfachere, günstigere Eingriffe stattfinden. Eine wichtige Rolle dabei spielt die Wahl der Pflanzenarten, bzw. der Klettermodus der verwendeten Pflanzen (KLEEBERG 1995). Wird die kostengünstigere Begrünungsvariante mit Selbstklimmer durchgeführt, ist Voraussetzung eine gute, solide Gebäudestruktur. Bei der Einsetzung von Gerüstkletterpflanzen müssen immer bauliche Maßnahmen ergriffen werden, die entsprechend dem Modell der Aufstiegshilfe die Kosten bestimmen.

In diesem Fall sind für eine gute Begrünung bauliche Maßnahmen unumgänglich, da an den Gebäudeseiten keine offenen, unversiegelten Flächen vorhanden sind. Außerdem würde sonst den Handelsläden die Sicht in die Schaufenster genommen. Aus diesem Grund heraus bietet sich eine Trogbegrünung mit Kletterhilfe an. Da die Außenwände aus Putzfassaden bestehen, ist die Begrünung mit Selbstklimmer erschwert, da womöglich die Deckschicht geringe Kräfte absorbieren kann. Eine statische Prüfung wäre erforderlich (FLL 2000). Zwischen dem Erdgeschoss und dem ersten Stockwerk bzw. zwischen ersten und zweiten Stockwerk, auf Höhe des Balkons, ist eine horizontale Mauerleiste zur Abgrenzung der Stockwerke eingebaut.

Diese horizontale Zierleiste könnte durch folgende Umbaumaßnahmen zu einer 40cm x 40cm „kastenförmigen“ Betonrinne erweitert werden. Um für Stabilität zu sorgen, werden im Intervall von ca. 5m Säulen angrenzend an die Fassade eingebaut. Der Umbau wird mit vertikalen und horizontalen Metallverstreben am Gebäude verankert. Der Beton des Kastens wird mit Sikka gegen Wasserdurchlässigkeit gemischt und hat eine Dicke von 5cm, um für gute Stabilität zu sorgen. Alle paar Meter wird ein Entwässerungsrohr zur Vorkehrung von Schimmelbildung eingebaut. Am Grund des Kastens wird eine 5cm dicke Grobkiesschicht eingefügt, damit das überflüssige Wasser gut ablaufen kann. Anschließend wird die Rinne mit Pflanzerde gefüllt und die Kletterpflanzen gesetzt. Ein Bewässerungsschlauch wird für die Bewässerung in die Betonrinne mit eingelegt.

Für die Aufstiegshilfe ist die Art und Substanz der Gebäudewände entscheidend. In diesem Fall ist anzunehmen, dass es sich um eine massive Mauerkonstruktion handelt, die von außen verputzt ist. So ist eine Verankerung der Kletterhilfe ohne großen Aufwand leicht zu realisieren. Für die Auswahl der Kletterhilfe sind unter

anderen weniger wichtigeren Aspekten der Klettermodus (ALTHAUS 1987, FLL 2000), die auftretenden Lasten der Pflanzen bei Durchnässung, die Windlasten, sowie der Pflegeaufwand (GUNKEL 2004) zu beachten.

Für die Begrünung ist an verschiedene heimische und südamerikanische Pflanzenarten mit unterschiedlichem Kletterverhalten gedacht. Aus diesem Grund wird als Kletterhilfe ein verschweißtes Metallgitter von 1,2 m² mit einer Spannweite von 30cm x 30cm verwendet. Befestigt werden die Gittermatten mit Dübeln, die direkt an der Fassade verankert werden. Der Abstand zwischen Wand und Gittergerüst beträgt 15cm, um den Pflanzen reichlich Platz zum Wachsen zu geben.

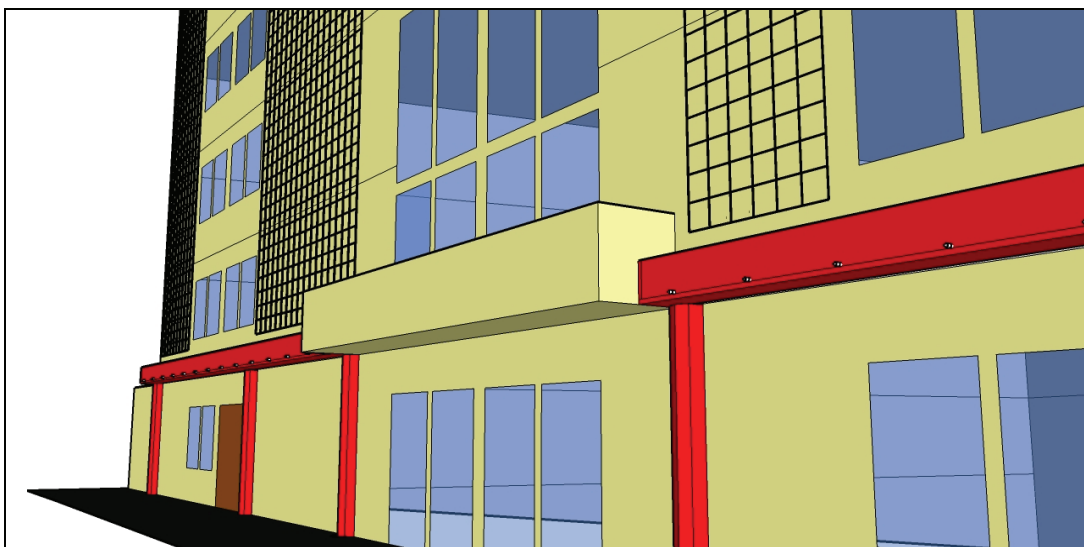


Abb. 33: Mögliche Umbaumaßnahmen für den „Club La Paz“.

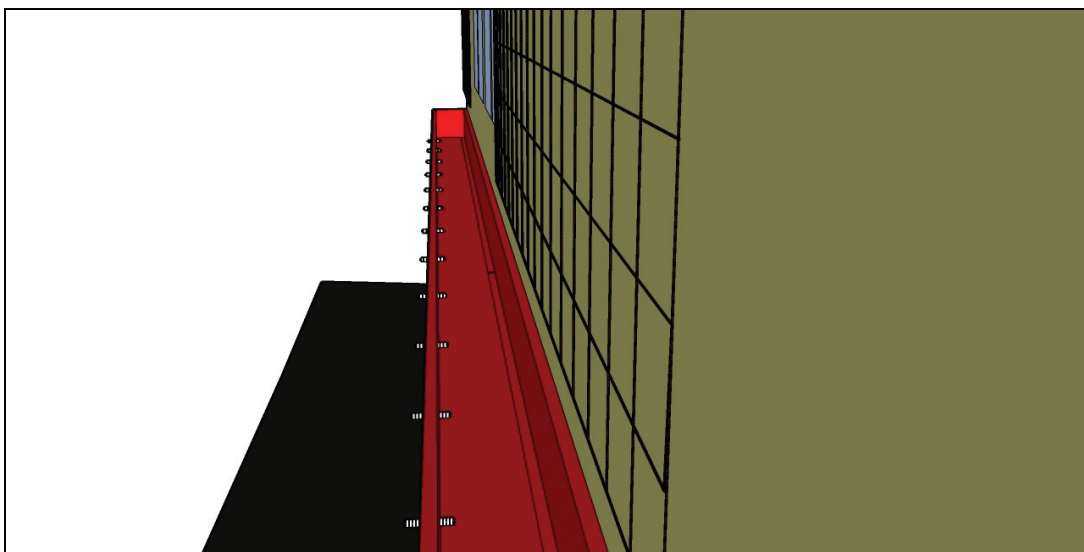


Abb. 34: Umbaumaßnahmen am Gebäude „Club La Paz“ für Begrünung, Detailansicht.

Folgende Pflanzenarten werden vorgeschlagen:

Bougainvillea glabra (Spreizklimmer), *Passiflora mollissima* (Sprossranker), *Senecio dictyophlebius* (Spreizklimmer) werden für die grossflächige, ausdauernde vertikale Begrünung verwendet.

An der Fläche unter den Fenstern werden die heimischen, kleinwüchsigen Blattstielranker *Tropaeolum bolivianum*, *Tropaeolum peregrinum* und *Tropaeolum seemanii* eingesetzt, die sich jedes Jahr durch Samen von selbst ausbreiten.

5. Zusammenfassende Auswertung und Empfehlungen zur Fassadenbegrünung in La Paz

Allgemein ist aktuell wenig Stadtgrün und Gebäudebegrünung vorhanden, d.h. die Naturation von architektonischen Strukturen wird noch viel zu wenig genutzt, um die privaten und öffentlichen Freiräume aufzuwerten. Die guten Beispiele beschränken sich fast ganz auf die reichen Einzelhäuser, die sich vor allem in den Wohnvierteln im Süden der Stadt befinden und auch vom Klima begünstigt sind.

Oft werden Pflanzen verwendet, die die natürlichen Bedingungen, vor allem die Trockenheit, nicht gut vertragen. Somit werden wegen schlechter Pflanzenwahl die vorher genannten positiven ökologischen Funktionen, die von Begrünungen ausgehen, gemindert, insbesondere bei der zu erwartenden Wasserknappheit durch den Gletscherrückgang. Deshalb sollten bei der Begrünung in starkem Maße die einheimischen, an das extreme Klima angepassten Arten, verwendet werden, die besseres Gedeihen versprechen und die Wiederansiedlung der natürlichen Fauna ermöglichen. Gerade für die sozioökonomisch schwächeren Anwohner sind Pflanzen, die neben der ornamentalen Funktion auch als Medizinalpflanzen oder als zusätzliches Nahrungsmittel Verwendung finden, zu empfehlen, da diese Pflanzen die Begrünung aufwerten und die Nützlichkeit verstärken. Diese Eigenschaften können und sollten außerdem als zusätzliche Argumente für die Überzeugungsarbeit, zur Einsetzung von vertikalen Begrünungen, angebracht werden, da diese Darlegung einen schnellen, sichtlichen, individuellen Profit zeigt.

In den höher liegenden Stadtvierteln mehr vertikale Begrünung durchzusetzen, wird jedoch schwierig sein, da dort besonders extreme klimatische Bedingungen herrschen. Nur wenige Pflanzen eignen sich für Höhen über 3800m. Außerdem sind in diesen Stadtteilen am wenigsten unversiegelte Flächen zu finden, sodass dort die Begrünung überwiegend in Trögen oder Kästen erfolgen muss. Dies hat meist negative Auswirkungen auf die Pflanzen, da für die Wurzelbildung wenig Platz vorhanden ist und das Bewässern erfahrungsgemäß unumgänglich ist.

Jedoch ist die Naturierung dicht bebauter Siedlungsstrukturen, wie Innenstädten durch Mauer- oder Fassadenbegrünungen sowie mit lebenden Zäunen eine attraktive Lösung, da wenig Grundfläche in Anspruch genommen wird und eine große dreidimensionale vertikale Grünfläche entsteht.

Die Studie zeigt aber auch, dass für eine optimale Artenempfehlung für vertikale Begrünungen bezüglich der Höhenstufe zu wenige Daten erhoben wurden. Auch

fehlt praktische Erfahrung, um bessere Empfehlungen hinsichtlich der einzelnen Arten anzugeben. Es wäre wichtig, weitere Studien bezüglich der Wuchskraft und des Verhaltens der Pflanzen gegenüber Trockenheit und Kälte zu realisieren, um konkrete Empfehlungen zum Einsatz der Arten angeben zu können.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Physikalische Karte zur Lage der Stadt La Paz (grüne Markierung), in Bolivien. Angrenzend ist die Stadt El Alto zu sehen (rosa Markierung).....	12
Abb. 2: La Paz, mit der Südzone im Vordergrund und im Hintergrund den Hochhäusern, die auf das Zentrum der Stadt hinweisen (rechte Bildseite). Die waagerechte Altiplanokante bildet den Horizont. (eigenes Foto, aufgenommen in Cota Cota, 03.04.2009)	13
Abb. 3: Sicht von Barrio Lindo auf arme Wohnviertel des Bezirks Max Paredes, mit erosions-, abrutschgefährdeten Steilhängen und Blick auf die Einbruchkante des Altiplano.....	14
Abb. 4: Sicht auf ein reiches Villenwohnviertel (Villa Jardin Alemana) im südlichen Stadtteil, Achumani. (eigenes Foto, aufgenommen von der „Meseta“ zwischen Achumani und Cota Cota, 18.05.2009).....	15
Abb. 5: Temperaturdiagramm von La Paz, Messstation: San Calixto 3650m über die Jahre 2004 bis 2008. Quelle der Daten: Servicio Nacional de Meteorología y Hidrología	16
Abb. 6: Klimastation am Flughafen in El Alto. Die Werte wurden von 1970 – 1990 erfasst. Datenquelle: www.wetter.com/reise/klimadatenbank/?type=temp&continent=SA&country=BO&station=852010 [gesichtet am 01.04.2009].....	16
Abb. 7: Mittlerer Niederschlag für La Paz (San Calixto) und El Alto (Flughafen) von 1961 bis 1990.....	17
Abb. 8: Florenreiche und Florengebiet des Landes. Übernommen aus SCHROEDER (1998), S. 92.....	25
Abb. 9: Einordnung der Kletterpflanzen nach Kletterformen, übernommen aus FLL (2000), S. 19.....	27
Abb. 10: Bewertung der einzelnen Teilflächen für die BFF-Bewertung. Übernommen aus Stadtverwaltung für Stadtentwicklung Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/de/bff_berechnung.shtml [Gesichtet am 13.08.2009]	29
Abb. 11: Zusätzliche BFF-Parameter, leicht modifiziert nach Franken et al. (2009).	30
Abb. 12: Anteil der Parzellen nach Funktionsnutzung	34
Abb. 13: Anzahl der Geschosswerkzahl der Gebäude, gestuft in Höhenzonen.....	35
Abb. 14: Verteilung von Parzellen mit und ohne vertikale Begrünung in den Höhenstufen zwischen 3200 m und über 3800 m.	36
Abb. 15: Parzellennutzung in Bezug zu der vertikalen Begrünung.....	37
Abb. 16: Parzellen mit und ohne horizontale Grünflächen in den definierten Höhenstufen.	37
Abb. 17: Fassaden-, Mauerbegrünung und Hecken in den untersuchten Höhenstufen.	38
Abb. 18: Anzahl der Pflanzenarten in Begrünungstypen und Höhenmetern.	39
Abb. 19: Artenvielfalt der Parzellen.	40
Abb. 20: Vitalität und Häufigkeit der Exposition der Pflanzen in vertikalen Begrünungen.	40
Abb. 21: Korrelation einiger wichtiger Parameter.....	41
Abb. 22: Anzahl der Pflanzenarten in den verschiedenen Höhenstufen.....	43
Abb. 23: Anzahl und Verteilung der häufigsten Arten in den verschiedenen Höhenstufen.	44
Abb. 24: Artenvielfalt in den verschiedenen Begrünungstypen und Stockwerkzahl. ..	45

Abb. 25: Vergleich der Artenvielfalt.	45
Abb. 26: Anzahl der Arten nach Herkunft.	46
Abb. 27: Zusätzliche Funktionsnutzung der Arten die in vertikaler Begrünung genutzt werden.	47
Abb. 28: Wuchsform der erfassten Pflanzenarten.	49
Abb. 29: Anzahl der Kletterpflanzen und Klettermodus.	50
Abb. 30: Kartografie des Biotopflächenfaktors im zentrumsnahen Wohnviertel San Pedro.	52
Abb. 31: Kartografie des Biotopflächenfaktors im Wohnviertel Calacoto, in der Suedzone der Stadt.	53
Abb. 32: Sicht von Norden auf das Gebäude „Club La Paz“ das als theoretisches Beispiel zu Naturation verwendet wird. Rechts vom Gebaeude die Avenida Mariscal Santa Cruz, links die Camacho Strasse und im Vordergrund die Strasse Ayacucho. (eigenes Foto, 25.08.2009).....	54
Abb. 33: Mögliche Umbaumaßnahmen für den „Club La Paz“.	56
Abb. 34: Umbaumaßnahmen am Gebäude „Club La Paz“ für Begrünung, Detailansicht.....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Lage der untersuchten Häuserblöcke.	33
Tabelle 2: Analyse der untersuchten Häuserblöcke.	35
Tabelle 3: Herkunft der Pflanzenarten die über 3801m während der Erhebung erfasst wurden.	43
Tabelle 4: Liste der native, andine Arten.	47
Tabelle 5: Pflanzenarten und ihre Schmerz erzeugende Organe.	48
Tabelle 6: Pflanzenarten die als Nahrungsmittel oder Gewürz genutzt werden.	48
Tabelle 7: Pflanzenarten die in vertikalen Begrünungen und Heilwirkungen haben.	49
Tabelle 8: Artenliste mährjähriger Kräuter (alphabetisch geordnet).	50
Tabelle 9: Pflanzenarten geordnet nach Klettermodus.	51

Literaturverzeichnis

ALTHAUS, C. (1987): Fassadenbegrünungen: Ein Beitrag zu Risiken, Schäden und präventiver Schadensverhütung. Patzer Verlag, Berlin – Hannover. S. 184.

BECK, S. & E. GARCIA (1991): Flora y Vegetación en los Diferentes Pisos Altitudinales, S. 65 – 108. In FORNO, E. & M. BAUDOIN (Hrsg.): Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz. Editado por el Instituto de Ecología – UMSA, La Paz.

BROSIUS, F. (2008): SPSS 16 für Dummies. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim. S. 418.

DIERSCHKE, H. (1994): Die Vegetationsaufnahme: Qualitative Bewertung. In DIERSCHKE, H.: Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 154 – 155.

FINKE, C. & OSTERHOFF, J. (2001): Fassaden begrünen: Ratgeber für Gestaltung, Ausführung und Pflanzenwahl. Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein. S. 109.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. - FLL (1983): Das Begrünte Haus – Bedeutung und konstruktive Hinweise. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe. S. 115.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. - FLL (2000): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen. 2. Aufl. Selbstverlag, Bonn. S. 54.

FRANKEN, M., F. COTELJ, M. PETSCHAR & K. TUPPINGER (2009): Valoración urbana – primeras experiencias en la ciudad de La Paz. Editado por el Instituto de Ecología – UMSA, La Paz. S.10.

GARCIA, E. & E. VALENZUELA (1991): Sistemática y taxonomía de la plantas, S. 181 – 214. In FORNO, E. & M. BAUDOIN (Hrsg.): Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz. Editado por el Instituto de Ecología – UMSA, La Paz.

GUNKEL, R. (2004): Fassadenbegrünung: Kletterpflanzen und Klettergerüste. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 195.

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin e.V. - IASP (2000): Institutsbericht 1999. Berlin. S. 61.

KLEEBOURG, J. (1995): Häuser begrünen - grüne Wände und Fassaden. 2. Aufl. Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 128.

KÖHLER, M. (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 329.

- KÖHLER, M. (1993): Grüne Wände - Artenschutz durch Fassadenbegrünung? In Zeitschrift für Vogelkunde und Naturschutz in Hessen - Vogel und Umwelt (Hrsg.) S. 267-274.
- KÖHLER, M. (2008): Green facades - a view back and some visions. In Urban Ecosystems. Verlag Springer Netherlands, 11: 423 – 436.
- KOLB, W. (2007): Hecken und grüne Wände: Lärm und Sichtschutz. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 152.
- KRUSCHE, P., D. ALTHAUS, I. GABRIEL & M. WEIG-KRUSCHE (1982): Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, S. 360.
- LORINI, J. (1991): Clima, S. 27 - 46. In FORNO, E. & M. BAUDOIN (Hrsg.): Historia Natural de un Valle en Los Andes: La Paz. Editado por el Instituto de Ecología – UMSA, La Paz.
- MABBERLEY, D.J. (1987): The Plant-Book – a portable dictionary of the higher plants. Published by Cambridge University Press, S. 706.
- ROITNER, R. (1999): Zusammenfassung. In ROITNER, R.: Diplomarbeit, O³-, NO²- und SO²- Messungen mittels integraler Meßmethoden in La Paz, S. 97-98.
- SCHROEDER, F.G. (1998): Floristische Gliederung. In Lehrbuch der Pflanzengeographie. Verlag Quelle & Meyer, Wiesbaden, S. 89 – 107.
- STERRER, A. (1999): Zusammenfassung. In STERRER, A.: Diplomarbeit, Thermische Strukturen in La Paz mit einer Einführung zum Makroklima NW – Boliviens, S. 89 - 90.
- SUKOPP, H. & R. WITTIG (1998): Stadtökologie, Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Verlag Gustav Fischer, Stuttgart. S. 474.
- TROLL, C. (1959): Die Tropischen Gebirge – Ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. Bonner Geogr. Abhandl., H. 25. S. 39.
- UN-HABITAT (2008): State of the World's Cities 2008/2009 – Harmonious cities, published by Earthscan, London, S. 280.

Internetquellen

<http://www.ine.gov.bo/indice/visualizador.aspx?ah=PC20102.HTM> [gesichtet am 01.09.2009]

<http://www.mirabolivia.com/mapafisico.htm> [gesichtet am 25.5.2009]

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/de/bff_berechnung.shtml [gesichtet am 13.08.2009]

<http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/formularioboletinmensualtemp.php> [gesichtet am 25.05.2009]

<http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/formulariopin.php> [gesichtet am 25.5.2009]

<http://www.wetter.com/reise/klimadatenbank/?type=temp&continent=SA&country=BO&station=852010> [gesichtet am 01.04.2009]

Anhang

Anlageverzeichnis

A. 1: Beispiel eines Erhebungsbogens	66
A. 2: Diese Tabelle zeigt für die erfassten Bezirke eine Voraussage zu prozentualem Anteil von horizontalen Grünflächen und vertikalen Begrünungen.	67
A. 3: Artenliste aller Pflanzen die in vertikalen Begrünungen in La Paz Verwendung finden. (alphabetisch geordnet nach Familie und Spezies).....	68
A. 4: Im folgenden Abteil werden einige native, andine Arten präsentiert.	71
A. 5: Weitere potentielle, ornamentale, native Hecken- und Kletterpflanzen	79

A. 1: Beispiel eines Erhebungsbogens

Pfl. Nr.	Bio. Gr. zitr	Be zitr	Strasse & Hausnr.	Alt	Geb. nutz	Stio	Grü	Begrü.	Begrü.	Begrü.	Begrü.	Pflg	Blü&Frü.	Vitalität	Foto	Her	Familie	Art	Exposi
17.1.1				3	WN	2	ja	ma	2	75	30	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.1.2				4	WN	2	ja	ma	2	75	30	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.2.0				4	BE		ja	ma	3	75	45	sdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.3.1				5	BE		ja	ma	4	40	760	sdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.4.1				4	WN	4	ja	ma	4	40	760	sdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.4.2				4	WN	4	ja	ma	4	40	760	sdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.5.0				3	WN	3	ja	ma	3	75	30	sdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.6.0				3	WN	3	ja	ma	3	75	30	sdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.7.1				2	WN	2	ja	ma	2	25	50	mdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.8.1				3	WN	3	ja	ma	3	25	50	mdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
17.8.2				3	WN	3	ja	ma	3	25	50	mdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
18.1.0				3	WN	3	ja	ma	3	25	50	mdb	mg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
18.2.1				5	WN	3	ja	ma	2	2	4	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
18.3.0				2	BE		ja	ma	2	20	40	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
18.4.0				0	BE		ja	ma	2	20	40	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
18.5.1				0	BE		ja	ma	2	20	40	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
18.5.2				0	BE		ja	ma	2	20	40	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.1				3	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.2				2	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.3				3	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.4				5	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.5				5	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.6				5	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.7				5	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.1.8				5	WN	2	ja	ma	2	40	80	mdb	sg	bl	xxx	X	Plantaginaceae	Plantago officinalis	SW
19.2.1				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.2.2				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.2.3				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.1.4				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.1.5				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.1.6				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.1.7				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.1.8				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.1.9				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO
19.1.10				2	WN	2	ja	ma	2	74	74	sdb	sg	rv	xxx	X	Polygonaceae	Mullerstein complex	NO

A. 2: Diese Tabelle zeigt für die erfassten Bezirke eine Voraussage zu prozentualen Anteil von horizontalen Grünflächen und vertikalen Begrünungen.

Zone	Bezirk	mit horizontaler Grünfläche	ohne horizontale Grünfläche	ohne vertikale Begrünung	mit vertikaler Begrünung
Nordzone	Achachicala	5,0%	95,0%	85,0%	15,0%
Südzone	Achumani	100,0%	0,0%	50,0%	50,0%
Südzone	Achumani,Los Jardines	100,0%	0,0%	60,0%	40,0%
Südzone	Achumani,MadresConceptistas	100,0%	0,0%	37,5%	62,5%
Südzone	Amor de Diós	92,3%	7,7%	46,2%	53,8%
Südzone	Alto Obrajes	82,6%	17,4%	47,8%	52,2%
Südzone	Alto Seguencoma	55,6%	44,4%	77,8%	22,2%
Südzone	Aranjuez	91,3%	8,7%	47,8%	52,2%
Südzone	Auquisamaña	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Südzone	Auquisamaña alto	100,0%	0,0%	69,2%	30,8%
Nordzone	Barrio Lindo	0,0%	100,0%	100,0%	0,0%
Südzone	Barrio Petrolero	100,0%	0,0%	35,7%	64,3%
Südzone	Bologna	65,0%	35,0%	65,0%	35,0%
Südzone	Chasquipampa	91,7%	8,3%	50,0%	50,0%
Südzone	Chicani (Pereferie)	100,0%	0,0%	87,5%	12,5%
Südzone	Cota Cota	100,0%	0,0%	33,3%	66,7%
Nordzone	Cuarto centenario	81,8%	18,2%	68,2%	31,8%
Nordzone	Incallojeta	84,6%	15,4%	53,8%	46,2%
Südzone	Irpavi 2	100,0%	0,0%	84,6%	15,4%
Südzone	Irpavi 1	44,4%	55,6%	72,2%	27,8%
Südzone	Koani	100,0%	0,0%	31,3%	68,8%
Nordzone	Kupini	75,8%	24,2%	78,8%	21,2%
Südzone	La Florida	91,7%	8,3%	41,7%	58,3%
Nordzone	Llojeta bajo	88,9%	11,1%	88,9%	11,1%
Südzone	Los Pinos	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Nordzone	Mariscal Santa Cruz	3,8%	96,2%	92,3%	7,7%
Südzone	Meseta Achumani	100,0%	0,0%	18,2%	81,8%
Südzone	Meseta Irpavi	100,0%	0,0%	76,9%	23,1%
Nordzone	Miraflores	50,0%	50,0%	78,6%	21,4%
Nordzone	Munaypata	18,2%	81,8%	95,5%	4,5%
Südzone	Obrajes	50,0%	50,0%	70,0%	30,0%
Südzone	San Miguel	96,3%	3,7%	29,6%	70,4%
Nordzone	Santa Barbara	0,0%	100,0%	100,0%	0,0%
Südzone	Seguencoma bajo	100,0%	0,0%	18,8%	81,3%
Nordzone	Sopocachi	37,5%	62,5%	75,0%	25,0%
Nordzone	Sopocachi bajo	88,2%	11,8%	41,2%	58,8%
Nordzone	Tacagua	0,0%	100,0%	95,2%	4,8%
Nordzone	Templaderani	0,0%	100,0%	93,3%	6,7%
Nordzone	Ventilla	61,1%	38,9%	77,8%	22,2%
Nordzone	Villa Armonia	50,0%	50,0%	91,7%	8,3%
Nordzone	Villa Copacabana	90,9%	9,1%	72,7%	27,3%
Nordzone	Villa del Cruz	7,1%	92,9%	92,9%	7,1%
Nordzone	Villa Fatima, Barrio Grafico	23,5%	76,5%	88,2%	11,8%
Nordzone	Villa Fatima, La Merced	55,6%	44,4%	77,8%	22,2%
Nordzone	Villa San Antonio	64,7%	35,3%	64,7%	35,3%
Nordzone	Villa Victoria	0,0%	100,0%	100,0%	0,0%
Gesamt	Gesamt	61,3%	38,7%	69,6%	30,4%

A. 3: Artenliste aller Pflanzen die in vertikalen Begrünungen in La Paz Verwendung finden. (alphabetisch geordnet nach Familie und Spezies)

In der Liste werden zusätzlich die Herkunft nach Florenreichen, die Wuchsform mit Klettermodus bei Kletterpflanzen und die Funktionsnutzung der Arten aufgezeigt.

Bedeutung verwendete Abkürzungen:

Wuchsform

- eK= einjähriges Kraut
- mK = mehrjähriges Kraut

Klettermodus

- S = Schlinger / Winder
- R = Ranker
- K = Spreizklimmer
- WK = Wurzelkletterer
- RH = Haftscheibenranker

Familie	Art	Herkunft nach Florenreich	Wuchsform	Klettermodus	Funktionsnutzung
Aizoaceae	Aptenia cordifolia	kapländisch	Sukkulente		Ornament
Anacardiaceae	Schinus molle	neotropisch	Baum		Gewürz
Apocynaceae	Vinca major	holarktisch	mK		Ornament
Araceae	Zantedeschia aethiopica	paläotropisch afri.	mK		Ornament
Araliaceae	Hedera helix	holarktisch	Liane	WK	Ornament
Asteraceae	Baccharis latifolia	neotropisch	Busch		Heil
Asteraceae	Chrysanthemum frutescens	holarktisch	Staude		Ornament
Asteraceae	Senecio dictyophlebius	neotropisch	Liane	K	Ornament
Berberidaceae	Berberis boliviana	neotropisch	Busch		Schutz
Berberidaceae	Berberis sp.		Busch		Schutz
Bignoniaceae	Campsis grandiflora	holarktisch	Liane	WK	Ornament
Bignoniaceae	Podranea ricasoliana	holarktisch	Liane	R	Ornament
Bignoniaceae	Pyrostegia ignea	neotropisch	Liane	R	Ornament
Buddlejaceae	Buddleja coriacea	neotropisch	Baum		Heil
Buddlejaceae	Buddleja davidii	holarktisch	Busch		Ornament
Cactaceae	Corryocactus melanotrichus	neotropisch	Sukkulente		Schutz
Cactaceae	Opuntia ficus-indica	neotropisch	Sukkulente		Nahrung
Cactaceae	Trichocereus pasacana	neotropisch	Sukkulente		Schutz
Caprifoliaceae	Lonicera japonica	holarktisch	Liane	S	Ornament
Caprifoliaceae	Lonicera periclymenum	holarktisch	Liane	S	Ornament
Celastraceae	Maytenus boaria	neotropisch	Baum		Ornament
Convolvulaceae	Ipomoea alba	neotropisch	Liane	S	Ornament
Crassulaceae	Sedum praealtum	kapländisch	Staude		Ornament
Cupressaceae	Chamaecyparis lawsoniana	holarktisch	Baum		Ornament
Cupressaceae	Cupressus lusitanica	neotropisch	Baum		Ornament
Cupressaceae	Cupressus macrocarpa	holarktisch	Baum		Ornament
Fabaceae	Cytisus scoparius	holarktisch	Busch		Ornament

Familie	Art	Herkunft nach Florenreich	Wuchsform	Klettermodus	Funktionsnutzung
Fabaceae	Lathyrus latifolius	holarktisch	eK	R	Ornament
Fabaceae	Spartium junceum	holarktisch	Busch		Heil
Fabaceae	Wisteria sinensis	holarktisch	Liane	S	Ornament
Geraniaceae	Pelargonium peltatum	kapländisch	Liane	K	Ornament
Geraniaceae	Pelargonium x domesticum	kapländisch	Stau		Ornament
Geraniaceae	Pelargonium x hortorum	kapländisch	Stau		Ornament
Lamiaceae	Lavandula dentata	holarktisch	Stau		Heil
Lamiaceae	Teucrium fruticans	holarktisch	Stau		Gewürz
Lamiaceae	Salvia involucrata	holarktisch	Stau		Ornament
Lamiaceae	Salvia leucantha	holarktisch	Stau		Ornament
Loranthaceae	Tripodanthus acutifolius	neotropisch	Busch		Ornament
Malvaceae	Abutilon megapotamicum	neotropisch	Busch		Ornament
Malvaceae	Abutilon pictum	neotropisch	Busch		Ornament
Malvaceae	Hibiscus rosa-sinensis	holarktisch	Busch		Ornament
Malvaceae	Lavatera assurgentiflora	neotropisch	Busch		Heil
Moraceae	Ficus carica	paläotropisch in-pa	Baum		Nahrung
Moraceae	Ficus elastica	paläotropisch in-pa	Baum		Ornament
Myrtaceae	Eucalyptus cinerea	australisch	Baum		Ornament
Myrtaceae	Luma chequen	holantarktisch	Busch		Ornament
Nyctaginaceae	Bougainvillea glabra	neotropisch	Liane	K	Ornament
Nyctaginaceae	Bougainvillea spectabilis	neotropisch	Liane	K	Ornament
Oleaceae	Jasminum mesnyi	holarktisch	Liane	K	Ornament
Oleaceae	Jasminum officinale	holarktisch	Liane	S	Heil
Oleaceae	Ligustrum lucidum	holarktisch	Baum		Ornament
Oleaceae	Ligustrum ovalifolium	holarktisch	Busch		Ornament
Oleaceae	eventuel Ligustrum sp		Liane	K	Ornament
Onagraceae	Fuchsia hybrida	neotropisch	Busch		Ornament
Onagraceae	Fuchsia magellanica	holantarktisch	Busch		Ornament
Passifloraceae	Passiflora aff. pinnatistipula	neotropisch	Liane	R	Nahrung
Passifloraceae	Passiflora caerulea	neotropisch	Liane	R	Nahrung
Passifloraceae	Passiflora mollissima	neotropisch	Liane	R	Nahrung
Pinaceae	Pinus radiata o P.patula?	holarktisch	Baum		Ornament
Plumbaginaceae	Plumbago capensis	kapländisch	Liane	K	Ornament
Poaceae	Chusquea sp.	neotropisch	mK		Ornament
Polemoniaceae	Cantua buxifolia	neotropisch	Busch		Ornament
Polemoniaceae	Cobaea scandens	neotropisch	Liane	R	Ornament
Polygonaceae	Fallopia aubertii	holantarktisch	Liane	S	Ornament
Polygonaceae	Muehlenbeckia complexa	holarktisch	Liane	S	Ornament
Ranunculaceae	Clematis seemannii	neotropisch	mK	R	Ornament
Ranunculaceae	Ranunculus sp.		mK		Ornament
Rosaceae	Cotoneaster lacteus	holarktisch	Busch		Ornament
Rosaceae	Malus sylvestris	holarktisch	Baum		Nahrung
Rosaceae	Polylepis besseri	neotropisch	Baum		Ornament
Rosaceae	Prunus cerasifera	holarktisch	Baum		Ornament
Rosaceae	Prunus persica	holarktisch	Baum		Nahrung
Rosaceae	Prunus salicifolia	holarktisch	Baum		Nahrung
Rosaceae	Rosa canina subsp.	holarktisch	Liane	K	Schutz
Rosaceae	Rosa cymosa subsp.	holarktisch	Liane	K	Schutz
Rosaceae	Rosa odorata subsp.	holarktisch	Liane	K	Ornament
Rosaceae	Rosa sp.	holarktisch	Liane	K	Ornament
Rosaceae	Rubus fruticosa	holarktisch	Liane	K	Nahrung

Familie	Art	Herkunft nach Florenreich	Wuchsform	Klettermodus	Funktionsnutzung
Rutaceae	Citrus sinensis	paläotropisch in-pa	Baum		Nahrung
Rutaceae	Ruta chalepensis	holarktisch	Staude		Heil
Sapindaceae	Dodonaea viscosa	kapländisch	Busch		Ornament
Saxifragaceae	Philadelphus coronarius	holarktisch	Busch		Ornament
Scrophulariaceae	Hebe speciosa	holantarktisch	Busch		Ornament
Solanaceae	Brugmansia arborea	neotropisch	Busch		Ornament
Solanaceae	Brugmansia sanguinea	neotropisch	Busch		Ornament
Solanaceae	Capsicum pubescens	neotropisch	Staude		Nahrung
Solanaceae	Cestrum parqui	neotropisch	Busch		Heil
Solanaceae	Dunalia brachyacantha	neotropisch	Busch		Ornament
Solanaceae	Solanum wendlandii	neotropisch	Liane	K	Ornament
Tiliaceae	Sparmannia africana	paläotropisch afri.	Busch		Ornament
Tiliaceae	Tilia platyphyllos	holarktisch	Baum		Ornament
Tropaeolaceae	Tropaeolum majus	neotropisch	eK/mK	R	Ornament
Tropaeolaceae	Tropaeolum peregrinum	neotropisch	eK/mK	R	Ornament
Tropaeolaceae	Tropaeolum bolivianum	neotropisch	eK/mK	R	Ornament
Tropaeolaceae	Tropaeolum seemannii	neotropisch	eK/mK	R	Ornament
Ulmaceae	Ulmus pumila	holarktisch	Baum		Ornament
Verbenaceae	Aloysia citriodora	neotropisch	Busch		Gewürz
Verbenaceae	Lantana camara	neotropisch	Staude		Ornament
Vitaceae	Vitis rupestris ähnlich	holarktisch	Liane	RH	Ornament
Vitaceae	Vitis vinifera	holarktisch	Liane	R	Nahrung

A. 4: Im folgenden Abteil werden einige native, andine Arten präsentiert.

Asteraceae, *Senecio dictyophlebius*



Diese Pflanze ist sehr einzigartig in seiner Erscheinungsform, da sie als Spreizklimmer an Stützen bis zu 5m hochklettert. Die Blätter wachsen wechselständig, um den lilafarbenen, runden Sprosstrieb und sind breit lanzettförmig, leicht gesägt. Die Blütenfarbe ist ein sattes gelb. Die allgemeine Struktur der Pflanze gibt einen Sukkulenten Eindruck.



Berberidaceae, *Berberis boliviana*



Diese Berberisart kommt wie der Name schon sagt, aus den bolivianischen Anden und wächst bis zu 1,5m hoch wie breit. Die Art hat viele gelblich-helle Dornen (bis 2cm), während die Blätter klein, oval, dunkelgrün sind. Die Blüten sind gelblich,



während die Frucht auffällig rot, violett bis schwarz, je nach Reifezustand sich verfärbt.

Buddlejaceae, *Buddleja coriacea*



Dies ist ein kleiner Baum (bis 7m) der in den Anden von Peru bis Bolivien beheimatet. Da er oft schon am Boden verzweigt, ist das Erscheinungsbild buschartig. Die Blätter sind klein, oval auf der Oberseite grün glänzend und auf der Unterseite grauweißlich. Die gelb-orangen Blüten geben der Pflanze eine schöne Ausstrahlung die mit Honiggeruch begleitet wird.



Cactaceae, *Trichocereus pascan*



Diese Sukkulente ist heimisch in den Anden Boliviens und Argentinien. Säulenkaktus mit einem Durchmesser von 30cm, der bis zu 10m groß wachsen kann. Im älteren Stadium kann er Verzweigungen bilden. Etliche Dornen wachsen aus einer Areole, die bis zu 14cm lang werden können und im Alter gelbliche Tönung aufnehmen. Am apikalen Spross des Kaktus sprießen etwa 10cm lange weiße Blüten. Diese Sukkulente ist eine beliebte Zuchtpflanze, gerade wegen seiner Forstbeständigkeit wird sie auch zum Aufpfropfen genutzt.

Loranthaceae, *Tripodanthus acutifolius*



Dies ist ein Halbparasit der in La Paz sich relativ gut verbreitet hat. Er setzt sich meist auf Bäume oder Sträucher nieder und im Laufe der Jahre überwuchert er diese. Jedoch wird er von den Pflanzenbesitzern sehr oft geduldet und wird in die Begrünung integriert, da er sehr aromatisch duftet. Seine natürliche Verbreitung sind die interandinen Trockentäler. Die Pflanze hat ovale, gegenständige dunkelgrüne dicke Blätter, während die Blüte gelb-weißlich, kelchförmig ist.

Passifloraceae, *Passiflora* aff. *pinnatistipula*

Diese verholzende Kletterpflanze ist heimisch in den Anden von Ecuador bis Chile. Sie besitzt Ranken mit denen sie bis zu 15m empor klettert. Die Blätter sind dreiteilig und die Blüten sind trichterförmig, rosa bis hell-lila. Die reife, essbare Frucht ist gelb, rund von etwa 5cm Durchmesser.



Passifloraceae, *Passiflora mollissima*

Diese Passionspflanze ist ähnlich der vorherigen, nur ist das Blatt weniger gespalten. Die Blüte ist ähnlich, jedoch bei voller Blütenentfaltung bleiben die Kelchblätter mehr geschlossen (kelchförmig) und sind allgemein kürzer, weniger spitz und rosarot. Der Kelch ist jedoch viel länger (13cm). Der größte, auffälligste Unterschied ist die bis zu 10 cm lange, ovale, längliche Frucht. Man kann Sie ebenfalls Essen, wenn sie bei Reife eine starke Gelbfärbung zeigt.



Polemoniaceae, *Cantua buxifolia*

Dieser Busch ist wegen seiner rot, gelb, grünen Farbenfolge der Trichterblüte, wie die Fahne Boliviens, als Nationalpflanze bezeichnet. Die Blüte kann aber auch nur einfarbig kaminrot sein. Der bis zu 4m groß wachsende Busch, besitzt ovale kleine Blätter wie der Buxbaum.



Rosaceae, *Polylepis besseri*

Dies ist ein kleinwüchsiger Baum. Die Gattung ist nur heimisch in den Anden, von Venezuela bis Argentinien, von der es mindestens 20 verschiedenen Arten gibt. Wahrscheinlich ist der *P. besseri* einer der am meist verbreiteten in den Zentralanden, da er einer der großwüchsigen (bis 8m) ist. Die Blüten sind unscheinbar grün-weißlich, während die Blätter grün bis graugrünlich, klein, drei- bis fünfteilig sind. Charakteristisch ist die abblätternde, dünne, papierähnliche braune Borke.



Solanaceae, *Brugmansia arborea*

Das natürliche Verbreitungsareal dieses Busches sind die zentralen Anden. Er wächst bis zu 5m hoch und verträgt gut Schatten. Die Blätter sind parabolisch und leicht gesägt bis 30cm groß. Die Blüte der Pflanze ist weiß, trichterförmig, 30 cm groß die den Baum als Trompetenbaum bekannt macht. Die Frucht ist länglich, rund. Die Pflanze ist giftig.

Solanaceae, *Brugmansia sanguinea*



Brugmansia sanguinea ist sehr ähnlich der *B. arborea*. Der markanteste Unterschied ist die Blüte, die sich von Blütenzipfeln zum Kelch rot, gelb, grün färbt.



Solanaceae, Capsicum pubescens



Der Ursprung dieser Pflanze sind die Hochtäler der feuchten zentralen Anden von Bolivien und Peru. Sie wächst als Busch bis zu 2,5m hoch wie breit. Die Blüten sind typisch lila. Die Frucht ist bis zu 8cm lang wie eine kleine Paprika, die von grün, über gelb, rot bis schwarz sich färbt. Wenn die Frucht reif ist, wird sie vor allem in Bolivien und Peru mit Tomaten und Kräutern als frische, scharfe Beilage zu jedem Essen eingenommen

Solanaceae, Cestrum parqui



Cestrum parqui ist ein holziger Busch von bis zu 3m hoch wie breit, der in den Zentralanden Südamerikas beheimatet ist. Die Blätter sind lanzettförmig, grün-glänzend. Die Blüten sind 2,5 cm lang, gelbliche Tubifloren. Die ganze Pflanze verbreitet einen unangenehmen Geruch.

Quelle:[http://3.bp.blogspot.com/_3PG8T1wJO00/SQ3noZOGuzI/AAAAAAAAAArc/6drkNIu5rA8/s400/723+-+Duraznillo+negro+\(Cestrum+parqui\).jpg](http://3.bp.blogspot.com/_3PG8T1wJO00/SQ3noZOGuzI/AAAAAAAAAArc/6drkNIu5rA8/s400/723+-+Duraznillo+negro+(Cestrum+parqui).jpg)

Solanaceae, *Dunalia brachyacantha*



Dieser dornige Busch kommt in den zentralen Anden vor. Er wächst bis zu einer Höhe von 3m. Die Blätter sind breit linienförmig grüner bis gelber Färbung, laubwerfend. Die Frucht ist eine 0,5cm große Beere, die sich schwarz verfärbt zur Reifezeit.

Quelle:http://pharm1.pharmazie.uni-greifswald.de/systematik/7_bilder/pis/pis00629.jpg/i14.ebayimg.com/04/i/000/f5/93/dedf_1.JPG

Tropaeolaceae, *Tropaeolum bolivianum*, *T. peregrinum*, *T. seemannii*

Die Tropaeolumarten kommen aus den zentralen Anden Südamerikas. Die drei nativen Arten sind sehr eng verwandt und es wird exemplarisch folgende beschrieben.

Tropaeolum peregrinum



Die Pflanze ist krautig, mehrjährig, klettert bis zu 2,5m hoch. Die Blätter sind schildförmig, meistens fünfteilig. Die Blüten sind dreiteilig, 3cm groß, leuchtend gelblich.

Quelle:<http://imagenes.infojardin.com/subidas/images/bwy1182726946m.jpg>

Verbenaceae, *Aloysia citriodora*



Dieser Busch wächst in den zentralen Anden. Er kann bis zu 4m groß wachsen, verholzt und ist laubwerfend. Die Blätter sind lanzettförmig und verbreiten einen starken Geruch nach Limone. Die Blüten wachsen in lockeren Infloreszenzen, endständig und sind hell-lila bis weißlich. Die Blätter werden für Teeaufgüsse genutzt.

Quelle:http://i14.ebayimg.com/04/i/000/f5/93/dedf_1.JPG

Alle Bilder die im A .4 keine Quelle angegeben haben sind eigene Fotos.

A. 5: Weitere potentielle, ornamentale, native Hecken- und Kletterpflanzen

Familie	Art	Wuchsform	Funktions- nutzung	Empfohlener Begrünungstyp
Anacardiaceae	Schinus andinus	Busch	Ornament	Hecke
Asteraceae	Baccharis latifolia	Busch	Ornament	Hecke
Asteraceae	Chuquiragua jussieuii	Busch	Ornament	Hecke
Asteraceae	Lophopappus foliosus	Busch	Ornament	Hecke
Asteraceae	Mutisia acuminata	Stau­de	Ornament	Hecke
Asteraceae	Pluchea fastigiata	Busch	Ornament	Hecke
Asteraceae	Viguiera australis	Stau­de	Ornament	Hecke
Bignoniaceae	Tecoma arequipensis	Busch	Ornament	Hecke
Chenopodiaceae	Atriplex rusbyi	Busch	Ornament	Hecke
Fabaceae	Acacia farnesiana	Busch	Schutz	Hecke
Fabaceae	Caesalpinia bangii	Busch	Ornament	Hecke
Lamiaceae	Clinopodium bolivianum	Busch	Gewürz	Hecke
Loasaceae	Caio­phera cf. preslii	mK	Ornament	Fa, Ma, He
Rhamnaceae	Colletia spinosissima	Busch	Schutz	Hecke
Rosaceae	Kageneckia lanceolata	Busch	Ornament	Hecke
Scrophulariaceae	Calceolaria buchtieniana	Stau­de	Ornament	Hecke
Scrophulariaceae	Calceolaria parvifolia	Stau­de	Ornament	Hecke
Solanaceae	Lycianthes lycioides	Busch	Ornament	Hecke
Solanaceae	Nicotiana glauca	Busch	Ornament	Hecke