

Vegetationszerstörung und Bodenerosion im Cono Sur Südamerikas

Wilfried Endlicher

Geographisches Institut der Humboldt-Universität zu Berlin

Zusammenfassung

Im außertropischen Südamerika haben nach der Zerstörung der natürlichen Vegetation durch die europäischen Siedler und ihre nicht nachhaltige Landnutzung irreversible Prozesse der Bodenerosion eingesetzt. Im mittelchilenischen Küstenbergland und in der argentinischen Hügelpampa sind dabei als Folge schwere Landschaftsschäden durch Wassererosion zu beobachten, in Ostpatagonien dominiert dagegen die Winderosion. Während man in Chile das Problem durch umfangreiche Aufforstungen in Form von Kiefern-Monokulturen zu lösen versucht, haben sich Maßnahmen der Bodenkonservierung in Argentinien noch nicht bzw. allenfalls versuchsweise durchgesetzt.

Abstract

In the southern cone of South America irreversible processes of soil erosion started after the destruction of the natural vegetation by european settlers and the following unsustainable landuse. In the Coastal Cordillera of Central Chile and in the Argentine Rolling Pampa severe landscape damages by water erosion can be observed. Wind erosion predominates in Eastern Patagonia. For the present pine monocultures covering large areas seem to be at least a tentative solution in Chile. In Argentina, however, measures of soil conservation are generally not applied or only in experimental use.

Seit Mitte der 1970er Jahre stehen die ökologischen Probleme der Tieflandsregenwälder Amazoniens und insbesondere seines brasilianischen Teils im Mittelpunkt der naturwissenschaftlichen Diskussion. In einer lateinamerikanischen Gesamtschau dürfen aber die entstandenen und immer noch entstehenden Landschaftsschäden in anderen Regionen des Kontinents nicht außer acht gelassen werden, da sie nicht nur zu einer starken Beeinträchtigung des Naturhaushaltes führen, sondern auch erhebliche soziale und ökonomische Brisanz mit sich bringen. Will man zu einer ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Nutzung der Naturressourcen kommen bzw. Meliorationsprozesse in Gang setzen, müssen die geoökologischen Rahmenbedingungen der entsprechenden Landschaft genau bekannt sein. Dies soll an zwei Natur- und Lebensräumen des Cono Sur mit völlig unterschiedlicher Naturausstattung erläutert werden, in denen bereits schwere Landschaftsschäden zu beobachten sind. Es handelt sich zum einen um das mittelchilenische Küstenbergland und zum anderen um das im Andenlee gelegene Ostpatagonien.

1. Vegetationszerstörung und Bodenerosion in Mittelchile

1.1 Naturräumliche Ausstattung

Das *zentralchilenische Küstenbergland* ist bei 37° südlicher Breite ca. 200 bis 800 Meter hoch. Sein Relief wird durch mittel- bis steilgeneigte, konvex gewölbte Berghänge, steilwandige Kerbtäler sowie aufgesandete, breite Torrente-Betten gekennzeichnet. Das granitoide Gestein ist tektonisch stark beansprucht und sehr tiefgründig verwittert. Die lehmig-grusige Verwitterungsmatrix trägt lokal den Namen »Maicillo«.

Bei den *Böden* handelt es sich um leuchtend rotbraune, sehr tiefgründig entwickelte, tonige Lehme. Nur selten sind vollständige Bodenprofile erhalten. Diese Chromic Luvisole besitzen nicht nur eine niedrige Kationenaustauschkapazität, sie sind auch humus- und nährstoffarm. Von besonderer Bedeutung sind die geringen Infiltrationsraten. Meist kann ein stark tonverschlämmter Bt-Horizont ausgegliedert werden.

Das *Subtropenklima* ist durch periodische Sommerdürre und regelmäßige Winterniederschläge gekennzeichnet. Der Gegensatz zwischen dem nahezu niederschlagsfreien, subtropisch strahlungsreichen und im Landesinneren auch heißen Sommerhalbjahr und dem durch wiederholte, langanhaltende Starkregen gekennzeichneten Winterhalbjahr ist deutlich ausgeprägt. Die Niederschlagsmengen variieren dabei zwischen 700 mm/J an der Küste und ca. 1500 mm/J im Gipfelbereich des Berglandes. Über ein Drittel aller Niederschlagsstage ist durch Starkregen von mehr als 10 mm gekennzeichnet. Die subtropisch hohe Einstrahlung des Winters, die den Zyklonendurchgängen zwischengeschalteten Hochdruckabschnitte und die gute Durchfeuchtung des Bodens treiben die chemische Verwitterung voran.

Die natürlichen *Waldbestände* sind fast nirgends mehr erhalten. Auf der pazifischen Luvseite des Berglandes waren in Küstennähe immergrüne Feuchtwälder ausgebildet, die in Hochlagen durch sommergrüne Nothofaguswälder abgelöst wurden. Auf der kontinentalen, trockeneren und im Sommer heißeren Ostabdachung stockte dagegen ein subtropischer Hartlaubwald. Alle diese Primärwaldbestände sind bis auf wenige Reste an unzugänglichen Küstenstandorten, in tief eingeschnittenen Schluchten oder auf siedlungsfernen Gipfeln verschwunden und durch einen offenen Sekundärbusch in verschiedenen Sukzessionsstufen abgelöst worden.

1.2 Anthropogene Eingriffe in das Ökotopengefüge

Entscheidend für die Vegetationsdegradation und die Bodenerosion sind die anthropogenen Eingriffe in dieses Ökosystem seit dem 16. Jahrhundert. Die spanischen Conquistadoren kamen, um »Gold zu holen und Gott zu bringen«. Zwar hielten sich die Goldfunde im Küstenbergland sehr in Grenzen, jedoch bildeten der wasserreiche Río Bío-Bío und der beste Hafenplatz der Pazifikküste bei Talcahuano wichtige Ansatzpunkte für das Siedlungsgeschehen. Seit der Gründung von Concepción 1550 ist das Hinterland intensiv besiedelt und landwirtschaftlich genutzt worden. Dabei dominierte bei einem Klima ähnlich dem des Mittelmeergebietes der *Trockenfeldbau auf Weizen, der Weinbau und die Viehwirtschaft mit extensiver Weide*. Dies bedingte aber eine Rodung der Wälder. Außerdem wurden sie aus strategischen Gründen abgebrannt, da sie den Indianern als Rückzugsgebiete dienten. Der über 300-jährige Kampf gegen die autochthone Indianerbevolkerung wurde erst 1883 durch einen Friedensschluß beendet. Die sukzessive Zerstörung der Primärwaldbestände war aber auch ein Resultat der Holzentnahme für Schiffs- und Gebäudebau, und bis heute spielen die Waldweide, der Brennholzeinschlag und die Holzkohleproduktion eine wichtige Rolle bei der Degradation der Vegetation. Die Holzkohle stellt praktisch die einzige Energiequelle für die Heiz- und Kochfeuer der Bevölkerung in den marginalen Vierteln der Groß- und Mittelstädte dar. Der Gesamtverbrauch Chiles wird 1976 auf ca. 40 000 t im Jahr geschätzt.

Die Prozesse der *Vegetationszerstörung* wurden im zentralchilenischen Küstenbergland aber insbesondere in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts beschleunigt. Zu diesem

Zeitpunkt belieferte es als »Kornkammer des Pazifiks« die kalifornischen und australischen Goldfelder. 1855 exportierte Chile 587 564 dz Weizen, die insbesondere aus dem Hinterland von Concepción stammten. Rekordjahre waren auch 1874 mit über 2 Mio. dz und 1893 mit 1,9 Mio. dz. Unter dem Eindruck dieser Exportchancen führte der Dauerweizenbau zur Kultivierung auch von nicht für den Ackerbau geeigneten Steilhängen. Wie Augenzeugen berichten, waren schon zu Ende des 19. Jh. die Wälder bei Concepción klein und auf die wenig zugänglichen Stellen beschränkt.

Eine besondere Bedeutung bei der Beseitigung des Waldes hat das *Feuer* als Rodungs- und Säuberungsinstrument. Auch heutzutage werden überall im Spätsommer Busch- und Weideland sowie Stoppelfelder geblüht, um sie für den Ackerbau vorzubereiten. Diese Rodungsfeuer haben immer wieder verheerende Waldbrände zur Folge. In der Region del Bio-Bio werden pro Jahr regelmäßig über 1000 Schadfeuer gezählt. Die Zerstörung der organischen Substanz und die Verflüchtigung des in der Streu und im Boden gespeicherten Stickstoffs sind nur zwei der negativen Folgen. Nach Buschfeuern ist regelmäßig mit einer drastischen Erhöhung des Bodenabtrags zu rechnen. Bei der Wiederbesiedlung abgebrannter Hänge erfolgt eine xeromorphe Speziesauslese. Denn ist der Vegetationsbestand einmal geöffnet und der mineralreiche Boden abgetragen, so verstärken sich die immergrünen Arten aufgrund der veränderten geländeklimatologischen Verhältnisse und ihrer niedrigeren Stickstoffansprüche auf Kosten der laubwerfenden. Geländeklimatische und edaphische Gründe summieren sich somit.

1.3 Ökologische und sozioökonomische Konsequenzen der menschlichen Eingriffe

Durch die Zerstörung der schützenden Vegetationsdecke werden Prozesse der Bodenerosion ausgelöst. Das Pflügen reißt den Oberboden auf, was ein Abschlämmen der Schluff- und Tonfraktion und eine Verschlammung der Bodenprofile verursacht. Da die Regentropfen der winterlichen Starkniederschläge nun auf eine ungeschützte Krume treffen, können sie infolge des »splash-effects« die Bodenpartikel aus ihrem Gefüge reißen, und nach Rufsättigung des Bodenwasserhaushaltes werden sie von den wiederholten und langanhaltenden Regenfällen flächenhaft abgespült (Spüldenudation, washeffect). Die Feinsubstanz wird von den Vorflutern auf kurzem Wege in den Pazifik transportiert. Die Verdichtung der Profile einerseits und der entstehende Residualgrus auf der Bodenoberfläche andererseits behindern nun wiederum das Aufkommen einer neuen Vegetationsdecke. Die fehlende Beschattung bewirkt erhöhte Bodentemperaturen und ein ziegelsteinhartes Verbacken der oberflächlich gekappten, tonangereicherten Bodenhorizonte. Diese »Versiegelung« verhindert die Infiltration des Niederschlags. Die ergiebigen Regenfälle des Winterhalbjahres kommen somit nahezu vollständig zum oberflächlichen Abfluß. Im Steilrelief des Küstenberglandes führt dies dann beim Zusammenlaufen der Wasserfäden zu linearem Einschneiden, zur Rillen- und Runsenerosion. Wird keine weitere Bodenbearbeitung durchgeführt, ist eine rasche Verstärkung der Prozesse bis zum Grabenreißen und zur Zerschluchtung die Folge, die Badlandbildung ist nicht mehr aufzuhalten (Abb. 1). Aber nicht nur die Erosionsschäden sind zu bedenken; die Akkumulation des Granitgruses und Quarzsandes in den Vorflutern führt zu einer nahezu sterilen Überdeckung der breiten Talböden. So hat nicht nur der Ertrag auf den erosiv geschädigten Hängen des Berglandes in den letzten Jahrzehnten deutlich abgenommen, aufgrund der Versandung der edaphisch günstigeren, weil feuchteren Flußniederungen sind auch weitere Agrarflächen verlorengegangen.

Nach Satellitendatenauswertungen zeigen von untersuchten 1,6 Mio. ha 30 % mäßige und 5 % schwere Landschaftsschäden. Aus Luftbildinterpretationen in einem 18 km² großen Testgebiet konnte abgeleitet werden, dass die Zahl der Erosionsschluchten zwischen 1943 und 1978 von 420 auf 550 zugenommen hat. Die von den Erosionsschäden betroffene Fläche ist

von 7,1 auf 11,4 % gestiegen. Dies ist eine Zunahme von über 50 % in nur 35 Jahren. Die Erträge im Trockenfeldbau auf Weizen haben von 12-15 dz pro ha zu Beginn unseres Jahrhunderts auf derzeit 5-8 dz pro ha abgenommen. Die Zahl der Rinder ging in der Provinz Concepción zwischen 1929 und 1975 von 138 812 auf 29 067 zurück, die Zahl der Schafe sank im gleichen Zeitraum von 88 000 auf 8 000 (ENDLICHER 1988; 1991a). Schon aus diesen Angaben geht hervor, dass Landschaftsschäden neben ihrer ökologischen auch eine sozioökonomische Dimension besitzen. Der Rückgang der Bodenfruchtbarkeit hat eine gestiegene Landflucht zur Folge. Dadurch werden die marginalen Viertel in den Städten an der Pazifikküste und in der ökologisch günstiger ausgestatteten Längssenke vergrößert. Sie befinden sich vielfach auf Fiskalland entlang der Flüsse. Da die Erosionsvorgänge an den Hängen aber Sedimentationsprozesse in den Flüssen auslösen, werden die Hüttingsiedlungen mit zunehmender Häufigkeit von Überschwemmungen betroffen. Die Gemeinden im Küstenbergland, die weder einen Anteil an der Küste noch an der fruchtbareren Längssenke besitzen, zählen mit zu den ärmsten in ganz Chile.

Die Entvölkerung des ländlichen Raumes hat auch Konsequenzen für seine Nutzung. Während die Minifundistafamilien ihr bescheidenes Pachtland verlassen und in die Stadt ziehen, reagieren mittlere und größere Betriebe mit einer Umwandlung von Feldern in Forstareale. Dies bedeutet aber eine weitere Extensivierung, wodurch der Bedarf an Arbeitskräften noch mehr zurückgeht.

1.4 Meliorationsmaßnahmen

Das in den vergangenen vier Jahrzehnten gewachsene Verständnis für die ökologischen Zusammenhänge, welche die Landschaftsschäden ausgelöst haben, hat bisher noch nicht zu einer überzeugenden Meliorationspolitik geführt. Zwar wird seit Beginn der 70er Jahre das extensiv bewirtschaftete Agrarland im Küstenbergland sukzessiv aufgeforstet. Und nachgewiesener Weise bewirkt das Waldkleid auch einen deutlichen Rückgang des Bodenabtrages. Allerdings erfolgen die Aufforstungen allein mit einer einzigen, exotischen Kiefernart, der nordamerikanischen Varietät *Pinus Radiata D. Don*. Sie ist ausgesprochen schnellwüchsig und binnen 20 Jahren schlagreif (Abb. 3). Alle Aufforstungen sind im Zusammenhang mit der exportorientierten Zelluloseproduktion und der Ausfuhr von Stammholz zu sehen. Deswegen werden die Kiefernmonokulturen fast ausschließlich auf der feuchteren pazifischen Westabdachung des Küstenberglandes angelegt. Diese Standorte sind zudem transportgünstiger, weil hafennäher. Das trockene Badland auf der Ostabdachung des Küstenberglandes wird von den an Profitmaximierung interessierten Privatgroßkonzernen dagegen nicht aufgekauft, da dort die Holzerträge aufgrund der Erosionsschäden deutlich unter denen der Küste liegen. Gerade diese Flächen müßten aber aus ökologischen Gründen unbedingt mit einer schützenden Vegetationsdecke versehen werden. Außerdem bewirken Kiefernmonokulturen auf längere Zeit, d. h. nach der zweiten und dritten Rotation, aufgrund der schwer abbaubaren Nadelstreu eine weitere Abnahme des pH-Wertes in den schon von Natur aus sauren Böden. Die Kiefernforste sind darüber hinaus höchst brandanfällig, wobei der im Sommer kräftig auffrischende Südwind eine besondere Rolle spielt. Da die Forstgesellschaften der ortsansässigen Bevölkerung außerdem nur geringe Arbeits- und Einkommensmöglichkeiten offerieren, muss nach ökologisch und ökonomisch adäquateren Meliorationsmodellen gesucht werden. Hierzu zählt etwa die Aufforstung mit einheimischen Südbuchenarten. Der überschüssige Winterniederschlag müßte verstärkt in kleinen Rückhaltebecken aufgefangen und mit modernen Sprinkleranlagen in den Frühjahrs- und Sommermonaten in Wert gesetzt werden. Das hierfür notwendige Know-how und der hohe Kapitaleinsatz sind aber für weite Kreise der Landbevölkerung nicht zu überschreitende Hindernisse. Erfolgversprechende Ansätze mit der Pflanzung von Obstbäumen und der

Anlage von Gemüsekulturen werden fast ausschließlich von kirchlichen Hilfsorganisationen angeboten. Staatlicherseits werden dagegen die Aufforstungsbestrebungen der Großkonzerne unterstützt.

2. Ostpatagonien

2.1 Naturräumliche Grundlagen

Die Bergländer von Argentiniens „Großem Süden“ erstrecken sich vom Andenfuß im Westen bis an den Atlantik im Osten und von der tektonischen Störung des Río Colorado im Norden bis nach Feuerland. Sie nehmen somit den gesamten Süden des Landes ein und sind aus einer Vielzahl verschiedener Formungselemente zusammengesetzt. Den Sockel bildet ein kristallines Grundgebirge, die Patagonische Masse (ZEIL 1986). Der kristalline Untergrund dieses alten Schildes ist zwischen dem Río Colorado und dem Río Chubut in den Flußtätern angeschnitten. Dem kristallinen Sockel ist ein mächtiges Schichtpaket aus mesozoischen bis tertiären Decksedimenten aufgelagert. Harte und weiche Sandsteine, Mergel, Tone und Tuffe einer litoralen bis kontinentalen Fazies aus Trias, Jura und Kreide sowie Vulkanite wechseln miteinander ab. Besonderes Augenmerk wurde in diesem Schichtpaket den terrestrischen Kreidesedimenten aufgrund ihrer Saurierfunde bei Neuquén („Dinosaurierschichten“ von KÜHN 1927, 78) sowie den marinen Juragesteinen bei Comodoro Rivadavia und Caleta Olivia wegen ihrer Erdöllagerstätten zuteil. Mit der tektonischen Hebung des Schichtenpaketes und seiner sukzessiven Zerschneidung im jüngeren Tertiär bzw. älteren Quartär kam es zur Entstehung von *Schichttafelbergen* (*Mesetas*). Bemerkenswert sind dabei die Eruptivgesteine, die teils als Zwischenlager zwischen den marinen und terrestrischen Sedimenten, teils aber auch als Decke bei Lavaergüssen den Mesetas den erwähnten tafelbergartigen Charakter verleihen. Mehrere Eruptivperioden aus dem Tertiär und Quartär sind im Zusammenhang mit der Andenhebung bekannt. Dementsprechend erstrecken sich die Ergussdecken auch in einem 60 - 100 km breiten Streifen parallel zu den Anden. Es sind aber auch Ausbruchstellen auf den Mesetas selbst vorhanden, wie etwa die Maare und Kraterschlote nahe der chilenischen Grenze südlich des Río Gallegos. Die Petroleumschichten der oberen Kreide wurden um 1902 bei Comodoro Rivadavia erschlossen und werden heute noch an verschiedenen Stellen ausgebeutet. Die patagonischen Mesetas steigen von der Küste bis in eine Höhe von etwa 1500 m an der Kordillere auf. Sie wurden in der mittleren Kreide teilweise gefaltet und im Eozän zerbrochen und verbogen. Am Kordillierenrand bilden die aufgeschleppten Sedimente sogar Schichtstufen (GARLEFF 1975). Zwischen Anden und Mesetas eingeschoben sind die *Patagoniden*, ältere gefaltete Schichten aus Trias und Jura, die Mittelgebirge aufbauen. Die Patagoniden ziehen sich in einem Bogen in einer NNW - SSE - Streichrichtung vom Knie des Río Senguerr bei 46°S nach NNW und erreichen in der Sierra de San Bernardo 1300 m. Durch die tektonischen und vulkanischen Prozesse sind zahlreiche abflusslose Hohlformen entstanden. Die treppenartig übereinander gestuften *Tafelbergländer*, für die lokal auch die Bezeichnung „Pampa“ verwendet wird (Pampa pelada, Pampa de Setenta, Pampa del Castillo bei Comodoro Rivadavia) sind von nuss- bis faustgroßen, gerundeten Rollsteinen aus Quarzporphyr, Basaltquarzit und anderen widerständigen Gesteinen überzogen. Diese schon von DARWIN (1846) beschriebenen „*Patagonischen Gerölle*“ sind offenbar mit älteren Vereisungsphasen im unteren Pleistozän in Verbindung zu bringen, da ihre Schüttungsrichtung von West nach Ost sowie die in ihnen vorkommenden großen Blöcke andere Agenzien ausschließen. Nach MERCER (1976) wurde dieser unterschiedlich alte „glacial outwash“ der Moränen zwischen 3,5 und 1,0 Mio. Jahren vor heute im Andenvorland abgelagert. Die Patagonischen Gerölle überdecken vom Fuß der Kordillere bis an die Küste z. T. ausgedehnte Flächen. Auch zwei weitere, für die Landschaften Patagoniens besonders charakteristische Ausprägungen des glazialen und

fluviatilen Formenschatzes sind ebenfalls in das Quartär zu stellen. Hierbei sind zum einen die schluchtartig eingeschnittenen *Cañadones* zu nennen, die eine verbreitete Talform der Bergländer darstellen und aufgrund des Windschutzes und der in den feuchteren Talböden möglichen intensiveren Beweidung ein ganz wesentliches Landschaftselement in Patagonien darstellen. Das andere Element stellen die *Grund- und Endmoränen* dar, die südwärts sukzessive immer weiter aus der Kordillere heraustreten. Im Norden bilden sie girlandenförmige Amphitheater im Andenvorland, an der Magellanstraße erreichen sie den Atlantik.

2.2 Böden

Aufgrund des durch die Anden hervorgerufenen, nahezu permanenten Loeffekts herrschen aride Verhältnisse. Deswegen nehmen flachgründige, skelettreiche *Cambisole* große Teile Patagoniens ein. Sie verfügen über einen hellen, humusarmen Oberboden. Das Bodenwasser ist so fest gebunden, dass es kaum pflanzenverfügbar ist. Zu diesen Halbwüstenböden zählen etwa auch Solonchake und Solonetze als Untergruppen.

2.3 Vegetation

Die Vegetation Patagoniens wird flächenmäßig zum weitaus größten Teil von einer *Strauchsteppe* gebildet. Ihre Nordgrenze fällt nach SORIANO et al. (1983) mit der 13 °C-Jahresisotherme zusammen, die im Osten an der Mündung des Río Chubut bei 43°S ansetzt und am Andenrand in der Präkordillere von Mendoza bei 36°S auskeilt und vom Monte abgelöst wird. Ihre Polargrenze liegt im Norden von Feuerland, wo die Steppe in die von Ñire-Waldinseln (*Nothofagus antarctica*) durchsetzte Tundra Feuerlands übergeht. Im Andenvorland grenzt die Steppe an die andin-patagonischen Wälder.

In der Vegetation Patagoniens kommen geökologische Anpassungsstrategien besonders zum Tragen. CABRERA (1978) schreibt, dass „... la vegetación muestra una alta adaptación a la defensa contra la sequía, contra el viento y contra los herbivorios.“ Die beste Anpassung an die geringen Niederschläge um nur 200 mm/Jahr, an die vor allem während der Vegetationsperiode beständig hohen Windgeschwindigkeiten von 6 bis 8 m/sec und die damit einhergehenden hohen Verdunstungsraten bietet die Polsterform (z.B. Radialvollflachpolster, Radialvollkugelpolster oder Radialhohlkugelpolster). Die typische Polster-Wuchsform wird konvergent von sehr verschiedenen Pflanzenfamilien gebildet (HAGER 1986). Zu diesen Polsterfamilien rechnen etwa Ephedraceen, Apiaceen (z.B. *Azorella spp*; *Eryngium paniculatum*, *Mulinum spinosum*), Asteraceen (z.B. *Nassauvia spp.*; *Chuquiraga aurea* als Pionierpflanze), Fabaceen (*Adesmia spp.*), Frankeniaceen, Rosaceen (*Acaena spp.*), Oxalidaceen, Rubiaceen, Valerianaceen und Verbenaceen. Neben Cactaceen können auch zahlreiche Horstgräser der Gattungen *Festuca* und *Stipa* zu den Polsterpflanzen gerechnet werden. Polsterpflanzen sind primär an Wind exponierten und edaphisch trockenen, sekundär aber auch an durch Überweidung erosiv geschädigten Standorten besonders häufig. Aufgrund der überall augenfälligen Degradationsprozesse gleicht die Vegetation aber schon vielerorts eher einer Halbwüste als einer echten Gramineensteppe, da die Gräser immer stärker zurückgedrängt werden.

2.4 Bodendegradation durch Überweidung und Deflation – weit verbreitet und ungebremst

In Ostpatagonien wird *Schafweidewirtschaft auf Großestancien* von 5.000 bis 8.000 ha seit den 80er Jahren des 19. Jh. betrieben. Die Schafe wurden am Ende des 19. Jh. von den Engländern von den Falklandinseln importiert, da sie rohfaserreiche, nährstoffarme Futterstoffe, wie sie die Steppengebiete Patagoniens liefern, optimal verwerten. Aufgrund

ihrer guten Marschfähigkeit können Schafe auch große Flächen sinnvoll nutzen, und Wolle ist ein hochwertiges und gut lagerfähiges Produkt, welches weite Transportwege verträgt. Das Wollkleid isoliert die Schafe nicht nur gegen die niedrigen Wintertemperaturen der Höhenlagen, sondern auch gegen den überall und beständig wehenden Wind. Insgesamt kann man von einer mittleren Tragfähigkeit zumindest in der südostpatagonischen Steppe von etwa einem Schaf pro Hektar ausgehen. In den trockensten Bereichen, in denen nur 200 mm Jahresniederschlag fallen, und in den Hochlagen sinken die Bestockungsraten aber auf 1 Schaf pro 6-8 ha. Wird die Bestockungsrate erhöht, kommt es nicht nur zu Überweidungsschäden dergestalt, dass die Vegetationsdecke zerstört, der Feinboden ausgeblasen und die ehemaligen Steppengebiete in ein halbwüstenartiges Steinpflaster verwandelt werden. Auch die Vegetationszusammensetzung ändert sich, und die sog. Murtilla-Heiden (*Empetrum rubrum*) erlauben aufgrund ihres geringen Weidewertes nur noch einen fünfmal niedrigeren Schafbesatz. Da die Biomasseproduktion in einer sehr engen Abhängigkeit vom Jahresniederschlag steht, sind die episodisch auftretenden Dürrejahre auch futterarme Jahre. Wird in solchen Jahren die Bestockungszahl nicht entsprechend dem gefallenem Niederschlag verringert, ist der durch Überweidung der natürlichen Steppenvegetation entstehende Schaden besonders groß (ENDLICHER 1991b,c; Abb. 4); denn der ungeschützte Feinboden wird durch den beständigen Starkwind während der Trockenperioden ausgeweht und ist unwiederbringlich verloren (WEISCHET 1985; Abb. 5 und 6). Die in nur 100 Jahren entstandenen Schäden durch Überweidung der Vegetation und anschließender Deflation des Feinbodens sind mit dafür verantwortlich, dass die Schafzahl sowohl auf argentinischem als auch chilenischem Territorium in Ostpatagonien seit den siebziger Jahren 1970 stark rückläufig ist und z.B. im argentinischen Teil Patagoniens von fast 25 Mio. noch im Jahre 1977 auf 15 Mio. im Jahre 1996 zurück gegangen ist (www.fao.org/ag). Die Schnelligkeit, mit der die Überweidungsschäden zunehmen, die mit der erst vor 100 Jahren aufgenommenen extensiven Beweidung durch Schafe in direktem Bezug stehen, ist besonders erschreckend (HOPPE 1995; 1997; Abb. 7). Im historischen Rückblick ist festzustellen, dass die klimaökologischen Rahmenbedingungen auf den Falklandinseln, von wo die Schafzucht ihren Ausgang nahm, nicht mit denen Ostpatagoniens verglichen werden können; denn ohne den Lееffekt der Anden ist der Jahresniederschlag auf den Falklandinseln mit 800 mm viermal so hoch wie in Ostpatagonien (BARUTH, ENDLICHER & HOPPE 1998; Abb. 8). Der Schafweideboom begann am Anfang des 20. Jh. im an der Magellanstraße liegenden und mit über 400 mm noch relativ gut berechneten Punta Arenas und dehnte sich von dort sukzessive nach Norden aus. Die Tragfähigkeitsprobleme wurden dann lange Zeit unterschätzt.

Auf die Überweidungs- und Deflationsschäden wurde man erstmals in den 1950er und 60er Jahren aufmerksam (PREGO 1961, ERIKSEN 1972, SORIANO & MOVIA 1986). Bis in die 80er Jahre blieben die Warnungen von seiten der Wissenschaft unberücksichtigt. Zwischenzeitlich nahm die Bodendegradation durch Viehtritt und Wind drastische Ausmaße an. Der Verfall des Wollpreises (Reduktion auf ein Fünftel innerhalb von 50 Jahren; Abb. 9), die Zunahme der Produktionskosten (Verdoppelung bis Verdreifachung) und der Rückgang der Tragfähigkeit um 25 bis 50 % aufgrund der Degradation haben eine verheerende Kombination entstehen lassen (www.fao.org/ag, S. 12). Internationale Konzerne wie Benetton oder Jacobs erwarben große Ländereien zu niedrigen Preisen, da die Weidewerte aufgrund der Degradations- und Desertifikationsprozesse stark gesunken sind (NAUMANN 1996). Die inzwischen von der argentinischen Agrarforschungsinstitution INTA vorgelegte Karte der Erosionsschäden durch Wind macht die Dimension des Problems insbesondere in Patagonien deutlich (Abb. 10). Als Ergebnis ist ein stetiger Rückgang der Bestockungszahlen zu konstatieren (Abb. 11).

3. Die argentinische Pampa

3.1 Naturräumliche Grundlagen

Das Kristallin des Brasilianischen Schildes wird im Westen durch eine parallel zu den Anden verlaufende Störungslinie begrenzt. Der Kontinentkern ist in diesem Bereich mehrere 100 m tief abgesunken. Er wird durch marine und terrestrische Sedimente überdeckt (ZEIL 1986, 55). An der Oberfläche werden diese durch die 30 - 50 m mächtige sogenannte Pampa-Formation abgeschlossen, deren Dicke nach Norden hin abnimmt. Sie besteht im wesentlichen aus Löss, der aus den Schutt- und Fanglomeratkegeln des Andenvorlandes ausgeweht wurde. Die Korngrößen nehmen von West nach Ost von mehr sandigen zu schluffig-tonigen Größen ab. Dazwischen geschaltet sind Lehme quartärer Flachseen, vulkanische Aschen sowie fossile und rezente Dünenande. Auf der Pampa-Formation sind im Norden fluviatile Sedimente der Andenflüsse und an den Pampinen Sierren im Westen postglaziale Flugsande und rezente Dünen aufgelagert.

Diese 600 - 1000 km breite, durch flache Mulden und Bodenwellen gegliederte Ebene erhebt sich von Meereshöhe bzw. 25 m ü. M. am Río Paraná auf ca. 500 m ü. M. am Andenrand empor. *Das äußerst geringe Gefälle, die völlige Steinlosigkeit und das nur im Norden gut und sonst gering oder gar nicht ausgebildete Gewässernetz sind charakteristische Eigenschaften dieses zentralen Tieflandes.* Die autochthonen Pampaflüsse enden meist in Salz-Ton-Pfannen, sog. Salzlagunen ohne Abfluss (Salinas oder Salitrales). Die Pampa umfasst zwischen 31 und 39°S die Provinz Buenos Aires und angrenzende Teile der Provinzen Entre Ríos im Norden und Santa Fe, Córdoba, San Luis und La Pampa im Westen. Sie ist knapp 1/2 Mio km² groß und bildet das Herzland der argentinischen Landwirtschaft.

Die Pampa lässt sich morphologisch in mehrere Teilgebiete gliedern (Abb. 12). Zentralbereich des Tieflandes ist die *Pampa deprimida*, eine Tiefenzone, die durch langgestreckte Senken (Cañadas) und sehr flachen Mulden (Bañados), wahrscheinlich Deflationswannen ohne Abfluss zum Meer, gekennzeichnet ist. An sie schließt sich im Norden die *Pampa ondulada* (Hügelpampa) am unteren Río Paraná und am Río de la Plata an. Im äußersten Westen geht die immerhin bereits 500 m ü. M. hoch gelegene *Pampa arenosa* (Sandpampa) in die Gebirgsfußzonen der Kordillere über. Westlich des Río Atuel wird sie durch breite Täler aus der Zeit der Andenhebung durchschnitten. Die einzigen Mittelgebirge sind im Süden die als aufgepresste Schollen des Brasilianischen Schildes zu interpretierenden, WNW-ESE streichenden Grundgebirgsschollen der Sierra de Tandil (506 m) und der Sierra de Ventana (1243 m). Zwischen ihnen befindet sich die nahezu ungestörte Hochebene der *Pampa interserrana*. Der Löß wird in ihr meist durch Kalkausscheidungen und -krusten (Tosca) unterlagert, wodurch die Gründigkeit der Böden und damit ihre Nutzung beeinträchtigt wird. Im Nordosten bilden schluffig-tonige Sedimente die *Pampa loessica* von Entre Ríos, die ostwärts in die Pampa von Uruguay übergeht.

In einer hygrischen Gliederung unterscheidet man die *Feuchtpampa* im Zentrum und im Nordosten und die *Trockenpampa* im Südwesten, die schon vom Leeeffekt der Anden betroffen ist. Bei relativ geringen Temperaturamplituden, die durch die Nähe des Atlantiks gedämpft werden, variieren die Jahresniederschläge zwischen 400 mm in SW und 1000 mm in NE. Sie fallen ganzjährig, wobei schwache Maxima im Frühjahr und Herbst verzeichnet werden und im Sommer regelmäßig eine negative Wasserbilanz auftritt (HOFFMANN 1992a, b; HOFFMANN, HALUSZCZAK & COY 1994). Außerdem haben sie in den letzten Jahren zugenommen, was eine westwärtige Verlagerung des Anbaugürtels zur Folge hatte.

3.2 Böden

In einem Land, dessen Wohlstand so stark von der Agrarproduktion abhängt, wie es in Argentinien der Fall ist, spielen die Böden, ihre Eigenschaften und regionale Verteilung, eine herausgehobene Rolle. Die Agrarforschungsbehörde des Landes, das Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), unterhält in jeder Provinz eigene Forschungseinrichtungen, um diesem Faktor Rechnung zu tragen. Inzwischen liegt ein umfangreicher, zweibändiger Bodenatlas der Argentinischen Republik vor (MOSCATELLI 1990). Auf der Basis der amerikanischen Bodenklassifikation werden für alle Provinzen detaillierte Beschreibungen und Karten mit der Verteilung der Bodentypen vorgelegt.

Die mit Abstand wichtigsten Böden sind die Schwarzerde ähnlichen *Phaeozeme*, die sich aus dem äolischen Feinsubstrat des Löss gebildet haben. Sie besitzen einen Ah-Horizont von mindestens 10 cm Dicke, einen mittleren bis hohen Humusgehalt und eine granulare bis prismatische Struktur. Ihre Basensättigung ist hoch, genauso wie die Austauschkapazität aufgrund der vorherrschenden Dreischicht-Tonminerale. Es sind die besten Böden des Landes mit der höchsten Fruchtbarkeit. Nichts desto weniger darf man sie nicht mit den Schwarzerden der ukrainischen Steppen oder der nordamerikanischen Prärien verwechseln; die dortige Vegetationsruhe während des sehr kalten kontinentalen Winters fehlt in der Pampa, so dass im Vergleich zu den Schwarzerden die Phaeozeme mit 2-5% organischer Materie relativ humusarm sind.

Nach Nordosten gehen die Phaeozeme aufgrund der feuchteren Klimaverhältnisse und des feineren, tonigeren Substrates in *Vertisole* über. Dabei handelt es sich um stark verdichtete Tonböden, die bei Trockenheit zu Rissbildung neigen, jedoch für Weideland eine ausreichende Fruchtbarkeit bieten. Es sind dies die charakteristischen Böden von Entre Ríos und des westlichen Corrientes, die aber auch noch an der La Plata Küste vorkommen.

3.3 Vegetation

Als die ersten Spanier an der Mündung des Río de la Plata ausschifften, trafen sie auf eine riesige Ebene. Dieses baum- und schattenlose „Grasmeer“ war aus ihrer Sicht nicht nur völlig wertlos, da ohne Edelmetalle, sondern darüber hinaus auch noch gefährlich, konnte man doch in der glühenden Subtropensonne verdursten oder ein Opfer der kämpferischen Pampa-Indianer werden. Heute sind die ca. 430 000 km² der argentinischen Pampa eine der Kornkammern der Erde und mit der größte Naturreichtum des Landes.

Das „Grasmeer“ der Pampa ist das an die subtropische Strahlung, an Überschwemmungen und Dürren, Winterfröste und Sommerhitze angepasste Biom. Die Flora der Pampa umfasst dabei über 1000 Arten von Gefäßpflanzen (SORIANO et al. 1992). Aus dem evolutionären Prozess entsprangen über 100 Grasarten, die den Boden flächenhaft als Rasen decken. Der Deckungsgrad beträgt in der Feuchtpampa im Osten ca. 90-100 % und nimmt westwärts in der Trockenpampa auf 60-80 % ab. Während in der Feuchtpampa *Stipa*- und *Bothriochloa*-Arten vorherrschen, wird die aridere Trockenpampa im Südwesten von *Tussockgräsern*, einer nur auf der Südhemisphäre verbreiteten Wuchsform, dominiert. Es sind dies bis zu 1 m hohe, horstförmige Grasbüschel aus auch im Winter nicht verwesenden, harten Blättern. Deswegen hat die Trockenpampa das ganze Jahr über einen gelblichen Aspekt. Die häufigste Familie bilden die Poaceen mit 190 einheimischen Arten. Neben den Poaceen findet man v. a. in der Hügelpampa im Nordwesten von Buenos Aires *Stipa*-, *Piptochaetium*-, *Aristida*- und *Melica*-Arten, die als *Flechillar* (*Pfeilgrassteppe*) zusammengefaßt werden. Besonders häufig kommen *Bothriochloa laguroides*, *Stipa neesiana*, *S. charruana*, *S. brachychaeta*, *Piptochaetium montevidense*, *Aristida murina*, *Stipa papposa*, *Paspalum dilatatum* (pasto miel), *Piptochaetium bicolor*, *Briza brizoides* und *Melica brasiliana* vor.

Im Winter, während der Ruhezeit der Gräser, können sich annuelle Kräuter, wie z.B. die rosa und gelb blühende Vinagrilla, entwickeln, die im zeitigen Frühjahr blühen und dann von den Gramineen überwachsen werden. Die Vegetationsdecke ist dreischichtig aufgebaut und 50 bis

100 cm hoch. In der oberen Schicht befinden sich die Blütenstände der Gräser, die Blätter der Gräser und Kräuter bilden die mittlere Schicht und die unterste, nur 5 cm hohe Schicht besteht aus kriechenden und rosettenbildenden Kräutern. Ende September bis Anfang Oktober blühen die Frühlingsannualen und Geophyten (Anemonen, Liliaceen und Iridaceen). Im November und Dezember ist die Pampavegetation voll entwickelt. Der Hochsommer bildet trotz reichlicher Niederschläge aufgrund der hohen Verdunstungsraten eher eine Ruheperiode. Heute ist die Zusammensetzung der Vegetation eine völlig andere als am Ende des 19. Jh. In den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts fand PARODI (1930) noch 26 einheimische Grammineen und 46 endemische Kräuter. Heute sind viele exotische Gräser und Kräuter dazugekommen, z.B. allein 40 exotische Poaceen, da die ursprünglichen Hartgräser für die europäischen Viehsorten ungeeignet waren. Nur sehr wenige Flächen stehen unter Schutz und niemand weiß genau, wie die einstige Pflanzendecke wirklich zusammengesetzt war. Das natürliche Grasland der Pampa wurde von den Siedlern umgepflügt, um anschließend meist Luzerne als Viehfutter sowie europäische Gräser einzusäen. Zudem wurden meist südeuropäische Unkräuter, darunter Disteln und Schierling, eingeschleppt. Schließlich ist die heutige Pampa auch nicht mehr völlig baumlos. Die ersten Siedler pflanzten den Ombú, einen vom Paraná-Ufer stammenden Schattenbaum, der durch sein abnormes Dickenwachstums auffällt. Neben zahlreichen Exoten wie Robinien, Kasuarinen, Zypressen und Ahörnern trifft man verbreitet auf ausgedehnte Aufforstungen mit Eukalypten, Lombardischen Pappeln und Kiefern, deren Gesamtfläche ERIKSEN (1978) mit 50.000 ha angab.

4.4. Bodendegradation – weit verbreitet und ungebremst

Schon CHARLES DARWIN (1846) ist das gravierende Problem der Bodenschädigung in Argentinien aufgefallen. In seinem Buch beschreibt er die Folge einer Dürre mit Staubstürmen in der Pampa. Seit dieser Zeit wurde die Degradationsthematik immer wieder aufgegriffen (WILHELMY & ROHMEDEK 1963), wobei v. a. die Bemühungen von PREGO (1988a; 1996) vom Zentrum für Boden- und Wasserschutz (PROSA) hervorzuheben sind. Das Gefährdungspotential ist dabei auch in der Pampa unterschiedlich und vielschichtig. Grundsätzlich kann die Erosion durch Wasser oder durch Wind hervorgerufen werden, wobei das natürliche ökologische Faktorengefüge von Relief, Boden, Klima und Vegetationsbedeckung einerseits, die Eingriffe des (land)wirtschaftenden Menschen andererseits zu berücksichtigen sind.

Die potentielle Erosivität der Niederschläge dürfte sicher im Nordosten Argentinien am Größten sein und sukzessive nach Südwesten, auf die Pampa zu, abnehmen. Während aber die Wald- und Weidelande von Misiones, Corrientes und Entre Ríos aufgrund der Bodenbedeckung nicht so stark gefährdet sind, ist die nordöstliche Hügelpampa durch Nährstoffauswaschung, aber auch durch flächenhafte Bodenabspülung, ja sogar Rillenerosion und Grabenreißen betroffen. Die konvektive Struktur der Niederschläge mit sommerlichen Starkregen bei Schauern und Gewittern ist der klimatische Auslösefaktor (Abb. 13). Gravierend ist dieses Problem v. a. deshalb, weil es sich gleichzeitig um das Gebiet mit den wertvollsten, weil potentiell ertragreichsten Böden des Landes handelt (CASAS, ENDLICHER, MICHELENA & NAUMANN 2000). Aber selbst bei diesen nahezu optimal für den Ackerbau geeigneten Böden der Feuchtpampa sind die Erosionsschäden zwischenzeitlich nicht mehr zu übersehen (Abb. 14). Die traditionelle Feld-Gras-Wirtschaft ist vielerorts dem reinen Feldbau auf Weizen, Mais, Sojabohnen und Sonnenblumen gewichen. Die progressive Mechanisierung der Landwirtschaft führt zum Einsatz immer schwererer Maschinen, deren häufiger Einsatz zur Bodenverdichtung beiträgt. Die zunehmende Verwendung künstlicher Bewässerung – selbst im sommerfeuchten Subtropenklima mit Jahresniederschlägen von ca. 1000 mm – und die Aussaat von Sojabohnen erlauben inzwischen zwei Ernten pro Jahr.

Hohertragssorten verstärken den Entzug von Nährstoffen aus dem Boden. Weiter spielen die Besitzverhältnisse eine wichtige Rolle. Nach Abschätzungen der argentinischen Agrarbehörde INTA sollen zwei Drittel der Estanciasbesitzer ihr Land an „Contratistas“ verpachten. Diesen selbst gehören nur die landwirtschaftlichen Maschinen. 40 % des Gewinns ist dem Besitzer als Entgelt abzuliefern. Die Betriebsflächen wurden durch Erbteilung inzwischen oftmals auf unter 80 ha reduziert, so dass die Pächter gezwungen sind, den maximalen Ertrag zu erwirtschaften, um ihre Familie zu ernähren, was wiederum auf Kosten einer nachhaltigen Fruchtbarkeit geht.

Untersuchungen in der nördlichen Hügelpampa, dem mit am fruchtbarsten Gebiet der Feuchtpampa, ergaben, dass die Erträge von Weizen, Mais und Sojabohnen auf durch Wassererosion leicht geschädigten Feldern um respektive 6, 15 und 8 %, bei mäßigen Schäden um 12, 3 und 17 % sowie auf schwer geschädigten Feldern um 24, 61 und 34 % niedriger lagen (IRURTIA 1997). Setzt man diese Zahlen in Beziehung zu den jährlichen Erträgen und geschädigten Flächen der gesamten Pampa – 21 % sollen leichte, 12 % mäßige und 2 % schwere Erosionsschäden aufweisen – dann lässt sich, je nach Weltmarktpreis der Anbauprodukte, ein jährlicher Verlust von über 285 Mill. US \$ allein aufgrund der pampinen Bodenerosion kalkulieren. Zeitungsmeldungen sprechen von 160 bis 270 Mill. US \$ (GALLACHER 1988).

Ähnlich problematisch dürfte die Situation am Andenfuss im Nordwesten Argentiniens zu werten sein, wo aufgrund der hohen sommerlichen Niederschlagsintensitäten und des Steilreliefs ein erhebliches Schadenspotential besteht. Dass dabei die Art der Bodenbedeckung, z.B. Mais- oder Sonnenblumen, von entscheidender Bedeutung ist, versteht sich von selbst. HUNZINGER (1995; 1996) hat nachgewiesen, dass selbst unter Zitrusbaumkulturen ein erheblicher Abtrag bei entsprechenden Niederschlagsmengen und -intensitäten erfolgen kann.

Flächenmäßig noch weiter verbreitet ist die Erosion durch Wind, die bei lockerem, nicht oder kaum von Vegetation bedecktem Boden etwa bei 13 km/h einsetzt. Im Gegensatz zur Erosion durch Niederschlag ist sie ein Problem der Trockenpampa. Dort sind Sande zu großen Dünen aufgeweht und der fruchtbare Schluff des Oberbodens wird bei fehlender Bodenbedeckung bzw. während Dürreperioden durch die v. a. im Frühjahr starken Westwinde in den Atlantik geweht (Abb. 9 & 11).

Für Probleme der Wasser- und Winderosion sind von internationalen Organisationen wie der Food and Agriculture Organisation der Vereinten Nationen (FAO 1994) oder der International Soil Conservation Organisation (ISCO), aber auch von nationaler argentinischer Seite, vom Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA; www.elsitioagricola.com), zahlreiche Vorschläge und Modelle zur Eindämmung der Landschaftsschädigung entworfen worden. In der Pampa steht dabei die Rinderzucht auf offenen Koppelweiden ohne künstliche Zufütterung neben dem Hochtechnologie-Feldbau, der auf immer weitergehende Ertragssteigerungen ausgerichtet ist. Erst in den letzten Jahren sah man sich dabei überhaupt zu einer Applizierung von Mineraldünger (2-4 kg/ha) genötigt. Es gibt Beispiele einer 22jährigen, ununterbrochenen Sojabohnenkultivierung ohne Fruchtwechsel und Düngereinsatz, freilich mit katastrophalen Folgen für den Boden. Von Ansätzen zu einem ökologischen Feldbau mit eingeschränkten Erträgen, aber nachhaltiger Landnutzung ist man weit entfernt. Die aktuelle Klimaveränderung mit einer Niederschlagszunahme in der Pampa fördert sogar noch die Intensivierung und westwärtige Ausdehnung des Anbaus, was wiederum die Folgen der Deflation in den episodisch auftretenden Dürre Jahren verschärfen wird. Es wäre schon viel gewonnen, wenn die Vorschläge von INTA zur Reduzierung des Wendepflügens und dem Übergang zum Einsatz von Vertikal- oder Minimalpflügen (no tillage techniques) Erfolg hätten. Solange allerdings nicht eine durchgreifende Änderung des Pachtsystems durchgeführt wird und die Landbesitzer sich nicht mehr um eine schonende Bearbeitung des Bodens kümmern, ist trotz der vorhandenen Information nicht mit

grundlegenden Verbesserungen zu rechnen. Die in nur drei bis vier Generationen verursachten und allenfalls nur sehr langfristig zu behebenden bzw. irreversiblen Schäden stimmen eher pessimistisch.

4. Fazit und Ausblick

Bei PREGO (1988b, c; 1996), DURÁN (1998) oder BERTONATTI & CORCUERA (2000) ist nachzulesen, wie immer wieder auf wissenschaftlichen Konferenzen die Degradationsprozesse aufgearbeitet und in nationalen und internationalen Aktionsprogrammen, Informationsbroschüren und Aufrufen versucht wird, das Problem den Estancieros, Landbesitzern und Pächtern, vor Augen zu führen und Vorschläge zu seiner Minderung zu unterbreiten. Auch ein deutsch-argentinisches Kooperationsprojekt beschäftigt sich seit über einem Dutzend von Jahren mit der Desertifikation in Patagonien (Cooperación Técnica Alemana (GTZ) - INTA 1995). Auch wenn schon Fortschritte erzielt wurden, wie etwa die Untersuchungen von BORELLI & OLIVA (2001) zeigen, so ist weiterhin festzustellen, dass dieses sehr schwierige Problem mit seiner landesweiten Dimension bisher noch nicht befriedigend gelöst werden konnte.

Eine nachhaltige Nutzung der Naturressourcen, sei sie intensiv wie in der argentinischen Pampa oder extensiv wie in Ostpatagonien, setzt zwangsläufig eine genaue Kenntnis der geo- und bioökologischen Rahmenbedingungen voraus. Für derartige Untersuchungen eignen sich aufgrund der Größe der betroffenen Gebiete am besten Fernerkundungsmethoden (HOPPE 1995, 1997; ENDLICHER 1992, 1995; ENDLICHER & HOPPE 1997). Schafbestockung, Weiderotation und Ausgliederung von Natur- und Landschaftsschutzgebieten müssen an die Ökotoptstruktur angepasst sein. Die in den tief eingeschnittenen Tälern windgeschützten Feuchtgebiete und die mit Tussockgräsern und Zwergsträuchern bestandenen, windexponierten Hochflächen bedürfen einer grundsätzlich unterschiedlichen Nutzung. Neben ökologischen spielen aber auch ökonomische, ja weltwirtschaftliche Aspekte, wie z.B. der Wollpreis, eine Rolle, und selbst soziokulturelle Zusammenhänge, im vorgegebenen Fall etwa das Interesse und Engagement der Estancieros, sind nicht zu vernachlässigen; denn oft haben die Landbesitzer ihren Hauptwohnsitz in weit entfernten Großstädten oder gar in der Metropole Buenos Aires und sind nur im Ausnahmefall an einer wirklich nachhaltigen Landnutzung interessiert.

5. Literatur

- Baruth, B., W. Endlicher & P. Hoppe (1998): Climate and Desertification Processes in Patagonia. In: 3. Bamberger Südamerika Symposium, Bamberger Geographische Schriften, Bd. 15, S. 307-320
- Bertonatti, C. & J. Corcuera (2000): Situación Ambiental Argentina 2000. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, 440 S.
- Borelli, P. & G. Oliva (Hrsg., 2001): Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. INTA. Río Gallegos, 270 S.
- Cabrera, A. L. (1978): La vegetación de la Patagonia y sus relaciones con la vegetación Altoandina y Puneña. In: C. Troll & W. Lauer (Hrsg.): Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen. Erdwiss. Forsch. 11, S. 329-343
- Casas, R., W. Endlicher, R. Michelena & M. Naumann (2000): Prozesse der Bodendegradation in der argentinischen Pampa. Die Erde 131, S. 1-16

- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) und Ministerio de Agricultura (Hrsg., 1994): Plan Nacional de Conservación de Suelos. Santiago de Chile.
- Cooperación Técnica Argentina-Alemana (INTA-GTZ 1995): Lucha contra la desertificación en la Patagonia: Evaluación del estado actual de la desertificación en áreas representativas de la Patagonia. Informe Final de la Fase I. Río Gallegos, Trelew, Puerto Madryn, Bariloche, 173 S.
- Darwin, Ch. (1846): Geological observations on South America (Part 3: The Geology of the voyage of the Beagle under the Command of Capt. Fitzroy, R. N.). London, 279 S.
- Durán, D. (Hrsg., 1998): La Argentina Ambiental: Naturaleza y Sociedad. Buenos Aires, 351 S.
- Endlicher, W. (1988): Geoökologische Untersuchungen zur Landschaftsdegradation im Küstenbergland von Concepción (Chile). Erdwissenschaftl. Forschung Bd 22. Stuttgart, 239 S.
- Endlicher, W. (1991a): Bodenerosion und Badlandbildung in den Winterregen-Subtropen Chiles. Geogr. Rdschau 43, 438-445
- Endlicher, W. (1991b): Zur Klimageographie und Klimaökologie von Südpatagonien. In: W. Endlicher & H. Goßmann (Hrsg.): Beiträge zur angewandten und regionalen Geographie. Freiburger Geogr. Hefte, H. 32, S. 181-211
- Endlicher, W. (1991c): Patagonien – klima- und agrarökologische Probleme an der Magellanstraße. Geographische Rundschau 43, S. 143-151
- Endlicher, W. (1992): Anthropogene Eingriffe in den Naturhaushalt südandiner Lebensräume. In: W. Reinhard und P. Wallmann (Hrsg.): Nord und Süd in Amerika, Bd. 1, Freiburg im Breisgau, S. 64-77
- Endlicher, W. (1995): Bodengeographisch-ökologische Umweltforschung: Boden als Mensch-Umwelt-System. Die Erde 126, S. 287-302
- Endlicher, W. & P. Hoppe (1997): Reliefstrukturen, Vegetationsverteilung und Degradationsprozesse in Patagonien untersucht mit ERS-1 – Bilddaten. Petermanns Geogr. Mitteilungen – Ergänzungsheft 287, S. 119-133
- Eriksen, W. (1972): Störungen des Ökosystems patagonischer Steppen- und Waldregionen unter dem Einfluß von Klima und Mensch. Biogeographica 1, S. 57-73
- Eriksen, W. (1978): Argentinien. Der Naturraum. Die Erschließung des Naturraums. Bevölkerungs- und Stadtentwicklung. In: Friedl Zapata, J. A. (Hrsg.): Argentinien. Tübingen, S. 3-83
- FAO (1994): Proyecto GCP/RLA/107/JPN Apoyo para una Agricultura Sostenible Mediante Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina. Santiago de Chile, 154 S.
- Gallacher, M. (1988): Deterioro de los suelos pampeanos.-Tageszeitung «La Nación» vom 23.07.1988, Sección 3a.
- Garleff, K. (1975): Formungsregionen in Cuyo und Patagonien. Z. Geomorph. N. F. Suppl.-Bd. 23, S. 137-145
- Hager, J. (1986): Zur Verbreitung der Polsterpflanzen in der patagonischen Zwergstrauch-Halbwüste – ein Beitrag zum ökologischen Verständnis der Wuchsform. Bot. Jahrb. Syst. 106, S. 511-540

- Hoffmann, J. A. J. (1992a): Das mittlere Luftdruckfeld und seine jahreszeitlichen Veränderungen in Südamerika. *Erdkunde* 46, S. 40-45
- Hoffmann, J. A. J. (1992b): Zur Dynamik des Niederschlagsregimes in Südamerika. *Erdkunde* 46, S. 46-51
- Hoffmann, J. A. J., S. Haluszczak & J. Coy (1994): Die Niederschlagscharakteristik in Nordwest- und Zentralargentinien und ihre wirtschaftliche Bedeutung. *Geoökodynamik* XV, S. 151-163.
- Hoppe, P. (1995): Landschaftsökologische Untersuchungen mit Hilfe von Satellitenbilddaten der Region Río Gallegos, Argentinien. *Marburger Geogr. Schriften*, H. 129, S. 123-146
- Hoppe, P. (1997): Geoökologische Untersuchungen zur Landschaftsdegradation in SO-Patagonien unter Einbezug von Satellitenbilddaten der Systeme Landsat-TM und ERS-1. *Freiburger Geogr. Hefte*, H. 53, 208 S.
- Hunzinger, H. (1995): Struktur und Intensität der Starkniederschläge zwischen Gran Chaco und Vorpuna. In: W. Endlicher & E. Würschmidt (Hrsg.): *Stadtklimatologische und lufthygienische Untersuchungen in San Miguel de Tucumán, Nordwestargentinien*. *Marburger Geogr. Schriften*, H. 128, S. 60-77
- Hunzinger, H. (1996): Starkregen und Überschwemmungen: Klimatische und hydrologische Naturrisiken am andinen Bergfuß von Tucumán unter Einbezug anthropogener Eingriffe in das Geoökosystem. *Diss. FB Geographie, Philipps-Univ. Marburg*, 172 S.
- Irurtia, C. B. (1997): Influencia de los procesos de erosión y degradación de suelos en los rendimientos de los cultivos en el norte de la región pampeana. *Instituto de Suelos, INTA-Castelar* (unveröff.).
- Mercer, J. H. (1976): Glacial history of southernmost South America. *Quat. Res.* 6, S. 125-166
- Moscattelli, G. (Coordinación General; 1990): *Atlas de Suelos de la República Argentina*. Proyecto PNUD Argentina 85-019, SAGyP - INTA. 2 Bde, Buenos Aires, 667 S.
- Naumann, M. (1996): Das nordpatagonische Seengebiet Nahuel-Huapi (Argentinien). *Biogeographische Struktur, Landnutzung seit dem 17. Jahrhundert und aktuelle Degradationsprozesse*. *Marburger Geogr. Schriften*, H. 131, 285 S.
- Parodi, L. R. (1930): Ensayo fitogeográfico sobre el Partido de Pergamino. *Rev. Facultad Agron. y Veter.* 7, S. 65-271
- Prego, A. J. (1961): La erosión eólica en la República Argentina. *Revista Ciencia e Investigación*, T. 17 (8), S. 307-324. Publ. 78 del I.S.A. INTA, Buenos Aires.
- Prego, A. J. (Hrsg., 1988a; 1996): *El deterioro del ambiente en la Argentina*. Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua (PROSA-FECIC). Buenos Aires, 519 S.
- Prego, A. J. (1988b): Antecedentes sobre erosión, degradación ambiental y conservación del suelo. In: A. Prego (Hrsg.), *El deterioro del ambiente en la Argentina*. PROSA-FECIC, Buenos Aires, S. 5-18
- Prego, A. J. (1988c): Erosión actual en la República Argentina - Conclusiones y Recomendaciones. In: Prego, A. (Hrsg.), *El deterioro del ambiente en la Argentina*. PROSA-FECIC, Buenos Aires, S. 187-190
- Soriano, A. et al. (1983): Deserts and Semi-Deserts of Patagonia. In: N. E. West (Hrsg.), *Ecosystems of the World Vol. 5: Temperate deserts and semi-deserts*. Amsterdam, S. 423-460

- Soriano, A. & C. Movia (1986): Erosión y desertización en la Patagonia. *Interciencia* 11, S. 77-83
- Soriano, A. et al. (1992): Río de la Plata Grasslands. In: R. T. Coupland (Hrsg.). *Natural Grasslands, Introduction and Western Hemisphere. Ecosystems of the World* 8 A. Amsterdam etc., S. 367-407
- Weischet, W. (1985): Climatic Constraints for the Development of the Far South of Latin America. *GeoJournal* 11, S. 79-87
- Wilhelmy, H. & W. Rohmeder (1963): Die La Plata Länder. Argentinien, Paraguay, Uruguay. Braunschweig, 584 S.
- Zeil, W. (1986): Südamerika. *Geologie der Erde*, Bd. 1, Stuttgart, 160 S.

Internetseiten

www.alihuen.org.ar/informacion/mapas-argentinos.htm
<http://www.fao.org/ag/agl/agll/lada/arg/Archivos/08%20-%20Estrategias/Informe.htm>
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T2351S/T2351S00.htm
http://www.elsitioagricola.com/Vinculos/resultadoVinculos.asp?v_drl_codi=122

Abbildungen

Abb. 1: Erosionsschäden im mittelchilenischen Küstenbergland östlich von Concepción. a) flächenhafter Bodenabtrag auf einer Rebparzelle; b) Erosionsrillen an einem überweideten Hang; c) Badlandbildung im Matorral. Fotos: ENDLICHER

Abb. 2: Prozesse der Landschaftsdegradation im mittelchilenischen Küstenbergland nach Beginn der Conquista. Entwurf: ENDLICHER 2005

Abb. 3: Aufforstungen im Küstenbergland mit Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don) mit durch natürlichen Aufwuchs stabilisierten Erosionsschluchten. Foto: 2004

Abb. 4: Zusammenhänge zwischen Biomasseproduktion und Jahresniederschlag in Südostpatagonien. Quelle: INIA in ENDLICHER 1991b

Abb. 5: Mittlere Windgeschwindigkeit und -richtung auf der Estancia Kampenaike (Chilensch-Ostpatagonien). Quelle: ENDLICHER 1991b

Abb. 6: Vom Sand überdeckte Weidegebiete im Tal des Río Deseado, Ostpatagonien. Foto: ENDLICHER

Abb. 7: Prozesse der Landschaftsdegradation in Ostpatagonien nach Einführung der Schafzucht. Entwurf: ENDLICHER 2005

Abb. 8: Jahresniederschlag und Verdunstung in 53 °S im Vergleich der Andenrandstation Punta Arenas mit Río Gallegos an der Atlantikküste sowie Port Stanley auf den Falklandinseln zur Verdeutlichung der unterschiedlichen klimatischen Rahmenbedingungen in diesen Schafsweidegebieten. Quelle: BARUTH, ENDLICHER & HOPPE 1998)

Abb. 9: Entwicklung des Weltmarktpreises für Wolle. Quelle: www.fao.org/ag (verändert)

Abb. 10: Erosionsschäden durch Wind in Argentinien; man beachte die Konzentration auf die drei patagonischen Provinzen, die Trockenpampa und den Cuyo von Mendoza. Quelle: INTA und www.alihuen.org.ar/informacion/mapas-argentinos.htm (verändert)

Abb. 11: Entwicklung der Schafbestockung in den patagonischen Provinzen von Argentinien. Quelle: www.fao.org/ag (verändert)

Abb. 12: Naturräumliche Gliederung sowie Schäden durch Wasser- und Winderosion in der argentinischen Pampa. Quelle: CASAS, ENDLICHER, MICHELENA & NAUMANN 2000

Abb. 13: Mittlere und extreme Niederschläge in Santa Rosa am Westrand der Feuchtpampa; man beachte die extremen Tagesniederschläge in der Größenordnung von einem Monatsniederschlag sowie die große Häufigkeit von Gewittern im Südsommer. Quelle: CASAS, ENDLICHER, MICHELENA & NAUMANN 2000.

Abb. 14: Erosionsgraben in der Hügelpampa nördlich von Buenos Aires. Foto: ENDLICHER