

## BERICHTE UND MITTEILUNGEN

## WACHSTUMSDICHTEMUSTER IN DER SAHARA: DIE STRASSENRANDVEGETATION

Mit 5 Photos

BALDUR GABRIEL und MARCELINA SCHMID

*Summary:* Patterns of growth density in the Sahara: roadside vegetation

A noticeable linear concentration of vegetation along *pistes* and especially asphalt roads (roadside vegetation) has been observed in desert steppes and semi-desert regions of the Sahara. The flora differs in plant density as well as in height, in the variety of species as well as in its freshness from that found away from the driving tracks. The cause of this pattern of growth is seen in an increased supply of water, which is chiefly (but not exclusively) conditioned by the run-off of precipitation water from the road surface.

*Natürliche Muster*

Die natürliche Vegetationsdichte und die Florenzusammensetzung in der Sahara werden in erster Linie von der Höhe der lokalen bzw. regionalen Niederschläge sowie von der potentiellen Verdunstung gesteuert. So dürfte es selbstverständlich sein, daß mit abnehmenden Regenmengen die perennierenden Arten geringer werden, daß Dichte und Artenzahl allgemein nachlassen und daß die Pflanzen anspruchsloser werden oder nur noch aufgrund ihres xeromorphen Aufbaus und spezieller physiologischer Anpassungsmechanismen die an sich ungünstigen Zonen besiedeln können.

Lokale Sonderbedingungen, wie sie zum Beispiel mikroklimatische und edaphische Gunstlagen bewirken, führen jedoch immer wieder zu landschaftsphysiognomisch auffälligen, horizontalen oder hypsometrischen Dichtedifferenzierungen, die bisweilen erst im Luftbild deutlich werden (vgl. „broussetigrée“ CLOS ARCEDEC 1956 und WHITE 1970, „vegetation ripples“, CLAYTON 1966, „Zebrafell“-Vegetation, MÜLLER-HOHENSTEIN 1978: 35, u. a.). Die Ursachen für die regelmäßige Anordnung von Standorten mit vermehrter Bioproduktion sind meist nur unzulänglich bekannt (Photo 1).

Selbst die als „kontrahierte Vegetation“ (MONOD 1954) vielfach beschriebene Konzentration der Pflanzen auf Tiefenzonen läßt noch eine Reihe von Detailfragen offen. In den Rinnen und Senken sammeln sich die Oberflächenwässer, und der Boden wird länger und intensiver durchfeuchtet (WALTER 1962). Zudem akkumuliert sich dort das abgespülte Feinmaterial von den höheren Geländeteilen, auf denen nur noch Skelettböden übrig bleiben. Eventuell kann in diesen Depressionen sogar ein vorhandener (temporärer) Grundwasserkörper von den Pflanzenwurzeln erreicht werden. Schließlich dürfte dabei auch der mikroklimatische Faktor eine Rolle spielen: Ein Einschnitt in einer horizontalen Ebene unterliegt nicht so stark der Austrocknung, da er einerseits einen gewissen Windschutz genießt und andererseits bei schräg einfallendem Sonnenlicht Expositionsvorteile aufweisen muß. Doch manchmal sind Eintiefungen bei den Vegetationslinien oder -flecken kaum wahrnehmbar (Photo 2), so daß insbesondere in Regionen mit sehr geringen Niederschlägen und durchlässigem, kiesigem Untergrund, wie in der Tanezrouft oder in der Serir el Gattusa, ein

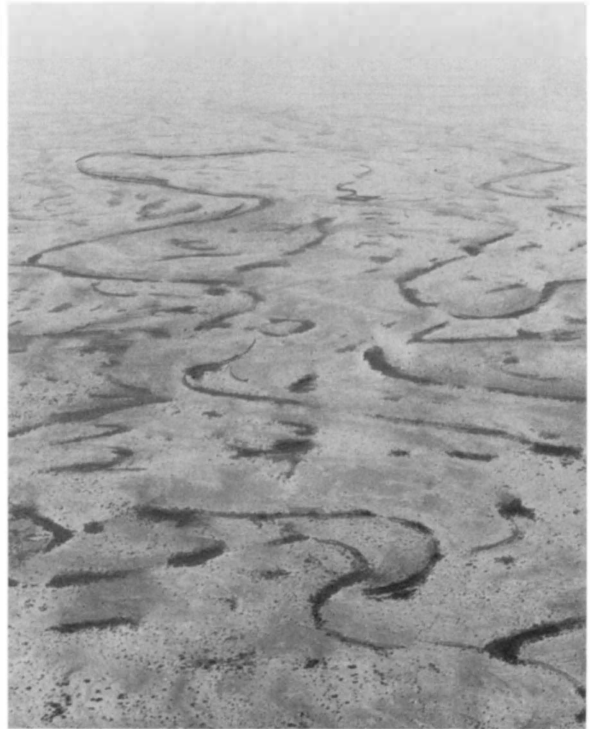


Photo 1: Oberer Bahr-el-Ghazal südlich Koro-Toro, Rep. Tschad. Breite „flood plain“ in Altdünengebiet. Erster Bereich, in dem der Flußlauf in schmaler Linie in weite Mäanderfläche übergeht.

Flugaufnahme: D. BUSCHE, April 1968

Upper Bahr-el-Ghazal south of Koro-Toro, Rep. of Chad. Broad flood plain in the old dune area. First zone, where the river changes over from a narrow line into a wide meander plain.

(Airphoto: D. BUSCHE, April, 1968)

Sammeleffekt nicht anzunehmen ist. Von einer Schattenwirkung kann bei dem äußerst schwachen Gefälle erst recht keine Rede sein.

Daneben gibt es auch in den Trockenzonen der Erde immer wieder die Erscheinung, daß gerade auf höhergelegenen Standorten ein vermehrtes Pflanzenwachstum stattfindet. In großem Maßstab ist dies in den Gipfelregionen der zentral-saharischen Gebirge der Fall und dort leicht durch die klimatische Höhenstufung zu erklären (vgl. z. B. SCHOLZ 1967). In kleinerem Ausmaß können die Ursachen sehr verschieden sein (vgl. MOTT & McCOMB 1974). Zum Beispiel sind die Quellhügel im Schottgebiet Tunesiens unter dem artesischen Druck des Grundwassers immer höher aufgestiegen, so daß sie heute bis etwa 20 m die flache Landschaft überragen (SUTER 1962). Ihre Gipfelteiche werden in der Regel von einem dichten Palmenhain umsäumt.

Tamarisken sammeln im Laufe von Jahrhunderten Flug-sand und ihren eigenen Blattabwurf zu Hügeln an, die 5–10 m Höhe erreichen können, bevor sie absterben, weil dann der Grundwasserspiegel zu tief liegt. Nach ähnlichen Prinzipien funktioniert die Bildung von Nebkas, die im Normalfall selten über 1 m aufwachsen, wenn sie sich aus Horstgräsern (*Stipa tenacissima* L., *Stipagrostis pungens* de Winter etc.) entwickeln. Die von *Ziziphus lotus* L. erzeugten Nebkas Südtunesiens sind allerdings bis zu 3 m hoch (MENSCHING & IBRAHIM 1977).

### Anthropogene Muster

Durch Bewässerung und andere künstliche Eingriffe bedingt können vegetationsfreie Zonen unmittelbar an solche mit üppigem Pflanzenwuchs anschließen. Abhängig vom Relief, von kulturellen Einflüssen wie Besitzgrenzen und Irrigationstechniken nehmen die Anbauareale dann mehr oder weniger regelmäßige Formen an oder weisen mosaikartige Verbreitungsmuster auf: Hangterrassen, rechtwinklige Fluraufteilungen, runde Rieselfelder (z. B. bei Kufra), Palmentrichter im Souf, Tabias im südtunesischen Djebel, Oasenstreifen am Fuße von Schichtstufen mit Foggara-Bewässerung usw. In der nordamerikanischen Landwirtschaft werden die ehemaligen Rechteckstrukturen heute durch kreisrunde Felder überlagert, die von der zentrierten Drehbewässerung herrühren (McKNIGHT 1979).

Neben den genannten Beispielen einer eindeutig anthropogenen Vegetationsverteilung gibt es Fälle, bei denen der Mensch nur indirekt und in der Regel ungewollt auf Pflanzendichte und Florenzusammensetzung Einfluß nimmt. Häufig bereitet es Schwierigkeiten, den Menschen als Urheber einer Modifizierung der Pflanzendecke nachzuweisen. Als negative Einwirkung sind die durch Trittschäden und Überweidung hervorgerufenen vegetationsfreien Flecken um Wasserstellen im Steppen- und Savannengebiet allgemein bekannt. Von BOALER & HODGE (1964) sowie von HEMMING (1965) konnten die „vegetation arcs“ in Somalia als mögliche Folgen der Viehtrift erklärt werden. Bei Zouar im Tibesti finden sich ringförmig angeordnete Vegetationseinheiten (vgl. „ring clumps“, WICKENS & COLLIER 1971), die unter Umständen auf alte Hüttengrundrisse oder kralartige Umzäunungen zurückgehen oder vielleicht auch nur als Reste erodierter Tamariskenhügel zu deuten sind (Photo 3).

### Die Straßenrandvegetation

Eine kulturelle Begleiterscheinung – die Straßenrandvegetation in Wüstengebieten – ist jedoch bisher kaum registriert worden. In Mitteleuropa wurden vor allem die Einflüsse des Kraftfahrzeugverkehrs beiderseits von Fernstraßen untersucht. Bleiablagerungen und andere Rückstände aus den Abgasen sowie Streusalze üben hier vornehmlich negative Wirkungen aus (OLSCHOWY 1978). In ariden Gebieten fand die Vegetation entlang von Pipelines oder Starkstromleitungen Beachtung (VASEK et al. 1975).

Auf die unterschiedliche Dichte der Straßenrandvegetation in Wüsten findet sich bei WALTER (1973: 439) ein kurzer Hinweis, und JOHNSON et al. (1975) haben das Phänomen in der Mojave-Wüste (USA) untersucht. Dagegen wurde ein solcher Effekt an der Straße von Djidda nach Mekka in Saudi-Arabien offenbar nicht beobachtet (BATANOUNY 1979).

Es handelt sich dabei um die Erscheinung, daß entlang von Wüstenstraßen beidseits ein etwa 5–8 m breiter Streifen

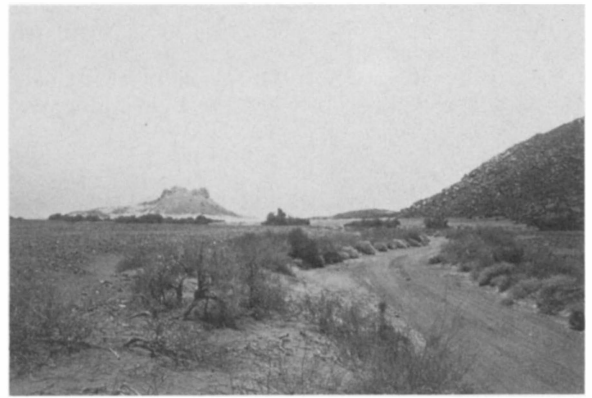
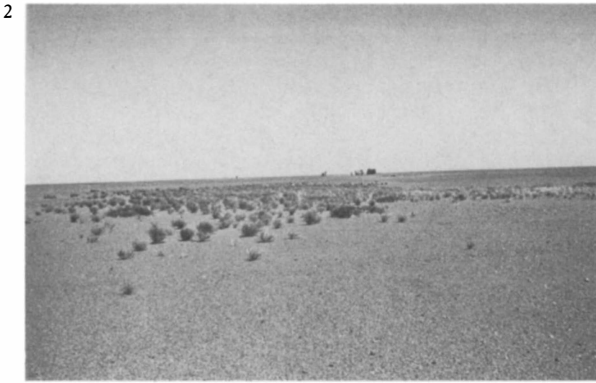
existiert, auf dem die Vegetation offensichtlich besser gedeiht als in der Umgebung. Sie ist höher, dichter, artenreicher und macht einen frischeren Eindruck als im gleichen Gelände weiter von der Straße entfernt.

Die Straßenrandvegetation ist nur zu beobachten, wenn der Bewuchs insgesamt dürrig ist. Wo ohnehin eine dichte Pflanzendecke herrscht, wirkt sich der Effekt kaum noch sichtbar aus, und in den extrem ariden Teilen im Inneren der Wüste fehlt überhaupt fast jede Bioproduktion. Es sind also im Prinzip die Wüstensteppen und Halbwüsten mit ca. 30–150 mm Jahresniederschlag, wo sich das Phänomen auffällig bemerkbar macht. Oft beginnt der Grünstreifen nicht unmittelbar am Rande der Asphaltdecke, sondern erst 1–2 m weiter außen, was aber als Beeinträchtigung durch Ausweichverkehr sowie eventuell durch den im Untergrund fortgeführten Straßenkörper interpretiert werden kann (Photo 4).

Im Frühjahr 1978 wurde etwa 20 km westlich von Ouargla/ Algerien ein ungewöhnlich breiter Streifen gemessen. Nördlich der ost-west-verlaufenden, 7 m breiten Teerdecke hatte sich eine ebenfalls 7 m breite Zone mit reichlichem Pflanzenbestand entwickelt. Im Süden schloß sich an den Asphalt zunächst ein schmaler Streifen von 2 m an, der frei von Bewuchs war, dann folgten 6–9 m mit üppiger Vegetation, die sich mehr oder weniger scharf von der diffusen Pflanzendecke abhob, wie sie im weiteren Umland vorherrschte. Die Flora bestand vornehmlich aus Büschen von *Oudneya africana* R. Br., im übrigen auch aus 10 weiteren Arten (SCHMID 1979), nämlich *Pithuranthos spec. Viv.* (Apiaceae), *Atractylis cf. serratuloides* Sieber. (Asteraceae), *Helianthemum lippii* Pers. (Cistaceae), *Anthyllis henoniana* Coss. (Fabaceae), *Erodium glaucophyllum* L'Her. (Geraniaceae), *Monsonia heliotropioides* (Cav.) Boiss. (Geraniaceae), *Plantago ciliata* Desf. (Plantaginaceae), *Stipagrostis plumosa* Munro ex T. Anders (Poaceae), *Linaria aegyptiaca ssp. fruticosa* Maire (Scrophulariaceae) sowie schließlich *Fagonia microphylla* Pomel. (Zygophyllaceae).<sup>1)</sup> Insgesamt 13 Individuen von *Oudneya a.* besaßen am Straßenrand eine durchschnittliche Höhe von 70 cm und einen Strauchdurchmesser von 110 cm. Etwa 100 m von der Straße entfernt wies die gleiche Art (9 Exemplare) nur noch Höhen um 36 cm und Durchmesser um 47 cm auf.

In anderen Gegenden Algeriens, z. B. südlich und östlich von Ghardaia, betrug die Breite der Vegetationsbänder am Straßenrand durchschnittlich um 5 m. Häufig waren es über 1 m hohe Sträucher der Ginsterart *Retama retam* Webb., die den Straßenrand säumten, während abseits davon höchstens weitständiger Kleinwuchs anderer Arten zu sehen war. – Besonders auffällig war die unterschiedliche Ausprägung der Vegetation im Bereich von Straßenbiegungen: Die Innenkurven wiesen eine eindeutig höhere Begrünung auf als die Außenkurven. Von 41 gezählten Biegungen zwischen Ghardaia und Ouargla besaßen in 33 Fällen die Innenkurven, in einem Falle die Außenkurve einen dichteren Pflanzenwuchs, und in den übrigen Fällen war die Frage nicht zu entscheiden.

<sup>1)</sup> Den Herren Prof. Dr. H. Scholz, Berlin, und Dr. E. Schulz, Würzburg, sind wir für die wertvolle Hilfe bei der Bestimmung der Pflanzen zu großem Dank verpflichtet. Gleichzeitig danken wir hier für intensive Diskussionen den Teilnehmern an der Expedition der „Arbeitsgruppe Wüstenforschung“ des Geogr. Instituts der Universität Stuttgart, die unter der Leitung von Prof. Dr. W. Meckelein im Frühjahr 1978 bis in die Tanezrouft führte.



**Photo 2:** Hattiya in der Tanezrouft/ Algerien. Inmitten der Serirebenen der Tanezrouft existieren einige Vegetationsinseln mit *Stipagrostis*-Arten und verschiedenen Zwergsträuchern: *Malcolmia cf. arenaria* (Desf.) DC., *Morettia canescens* Boiss., *Farsetia ramosissima* Hochst., *Fagonia olivieri* Boiss.

Aufnahme: M. SCHMID, 6. 3. 1978

Hattiya in the Tanezrouft, Algeria. In the midst of the serir plains of the Tanezrouft there are a few islands of vegetation with *Stipagrostis* varieties and various dwarf shrubs: *Malcolmia cf. arenaria* (Desf.) DC., *Morettia canescens* Boiss., *Farsetia ramosissima* Hochst., *Fagonia olivieri* Boiss. (photo: M. SCHMID, 6. 3. 1978)

**Photo 3:** Das Becken von Zouaram Südwestrand des Tibestigebirges. Im Vordergrund ringförmige Muster von Strauchvegetation, die unter Umständen menschlichen Ursprungs sind, möglicherweise aber auch als Reste erodierter Tamariskenhügel zu deuten sind.

Flugaufnahme: B. GABRIEL, 27. 12. 1966

The Zouar Basin on the south western edge of the Tibesti Mountains. In the foreground ring-shaped patterns of shrub vegetation, which might possibly be the work of man, but which could also be interpreted as remnants of eroded tamarisk hills.

(Air photo: B. GABRIEL, 27. 12. 1966)

Diese Beobachtungen im Verein mit der von FRANKENBERG (1979) getroffenen Feststellung, daß in der Sahara insbesondere das Verhältnis von Wasserangebot und Verdunstung für die Entwicklung der Vegetation entscheidend sind, lassen vermuten, daß im Mikrobereich des Straßenrandes hydrologisch gesehen relativ günstige Standortbedingungen herrschen müssen. Es stellt sich also die Frage, ob und ggf.

**Photo 4:** Typische Straßenrandvegetation ca. 50 km östlich von Ghardaia/ Algerien. Der bis zu 5 m breite Streifen mit hohen Büschen von *Retama retam* Webb. ist deutlich zu erkennen, während rechts und links abseits der Straße der Bewuchs äußerst spärlich bleibt.

Aufnahme: B. GABRIEL, 23. 2. 1978

Typical roadside vegetation about 50 km east of Ghardaia, Algeria. The up to 5 metre wide strip with high bushes of *Retama retam* Webb. is clearly to be seen, while growth remains extremely sparse to the right and left away from the road.

(photo: B. GABRIEL, 23. 2. 1978)

**Photo 5:** Piste am Wadi Thelertheba südöstlich des Hoggar, ca. 50 km westlich des Brunnens Serouenout, ca. 23° 57' N – 7° 19' E, mit *Stipagrostis pungens*, *Salsola foetida*, *Atriplex halimus*, *Aerva persica* und (im Hintergrund) *Tamarix* sp.

Aufnahme: E. SCHULZ, April 1977

Piste on the Wadi Thelertheba south east of the Hoggar, about 50 km west of the Serouenout well, ca. 23° 57' N – 7° 19' E, with *Stipagrostis pungens*, *Salsola foetida*, *Atriplex halimus*, *Aerva persica* and, in the background, *Tamarix* sp.

(photo: E. SCHULZ, April 1977)

auf welche Weise durch eine asphaltierte Straßendecke das Wasserangebot für die Pflanzen erhöht wird. Immerhin gehen JOHNSON et al. (1975: 114) so weit, Straßen als „water harvesting systems“ zu bezeichnen.

Die wichtigste Rolle dürfte der vermehrte Abfluß spielen, der dadurch zustande kommt, daß Niederschläge über der Straßendecke nicht bzw. kaum in den Untergrund infiltrieren.

ren können. Sie fließen oberflächlich ab und haben erst im Straßenrandbereich die Möglichkeit, in den Boden einzudringen.

Berechnungen über die Menge des Zuschußwassers, das dabei theoretisch zu erwarten ist, können zunächst einmal von der Annahme ausgehen, daß kein Wasserverlust über der Straße durch Versickern, Verdunsten oder Benetzen erfolgt, daß also der Abfluß 100% beträgt. Bei einer ebenen bzw. leicht gewölbten Straßendecke müßten dann jeweils 50% der Niederschlagsmenge dem rechten wie dem linken Randstreifen zukommen, wohingegen bei einer einseitig geneigten Oberfläche (wie das häufig in Kurven wegen der Überhöhung der Fall ist) das gesamte Zuschußwasser in eine Richtung abfließt. Dies bedeutet, daß die Wassereinzugsfläche für die Pflanzen an jeder Seite pro laufenden Meter einer 7 m breiten Straße bei Ebenheit bzw. leichter Wölbung 3,5 m<sup>2</sup> beträgt, während sie in Kurven 7 m<sup>2</sup> ausmacht (siehe Tabelle).

Tabelle: Berechnete Menge des Zuschußwassers im Randbereich von Wüstenstraßen (Beispiele aus Algerien)

Calculated quantity of supplementary water in the marginal zone of desert roads (examples from Algeria)

	Niederschlag mm/a = 1/m <sup>2</sup>	Einzugsbereich			
		halbe Straßenbreite	ganze Straßenbreite		
		(1)	(2)	(1)	(2)
Ouargla	40	68	170	96	240
Ghardaia	56.7	96.4	170	136.1	240
El Goléa	38.7	65.8	170	92.9	240

- (1) Mittlerer Jahresniederschlag im Straßenrandbereich plus Abfluß von der Asphaltdecke unter der Annahme, daß 100% abfließen und dieses Zuschußwasser einem Randstreifen von 5 m Breite gleichmäßig zugute kommt. Straßenbreite 7 m. Betrag in 1/m<sup>2</sup> entspricht mm/a.
- (2) Aus (1) folgende Wasserzunahme in %, wenn der Jahresniederschlag 100% entspricht.

Selbst wenn die in der Tabelle errechneten Werte aufgrund der Vernachlässigung modifizierender Faktoren wie Temperatur, Verdunstung, Infiltrationsgeschwindigkeit, Benetzungsverlust usw. zu hoch ausfallen, so wird ein relativer Standortvorteil doch deutlich. Noch bei El Goléa finden sich nach diesen – die ökologischen Beziehungen im Wasserhaushalt vereinfachenden – Berechnungen an den Straßenrändern Wassermengen (ca. 93 mm/a), die dem Wert nahe kommen, welcher nach CAPOT-REY (1952) die Nordgrenze der Sahara charakterisiert (100 mm/a).

Neben dem Verdunstungsschutz, den die Asphaltdecke für das im Straßenrandbereich infiltrierte Niederschlagswasser bietet, kann unter Umständen durch eine Art „Glashauseffekt“ ein positiver Beitrag zur Wasserbilanz geleistet werden: Tagsüber wird durch die starke Erhitzung der Teerdecke auch die subkutane Luft erwärmt, wobei die Evaporation aufgrund des Asphalts weitgehend ausgeschaltet ist. Nachts dagegen findet eine rasche Abkühlung der oberen Bodenschichten und der Straßendecke statt, so daß es vielleicht zur Kondensation des Wasserdampfes kommen kann.

Einen Hinweis darauf liefern immerhin die Beobachtungen von JOHNSON et al. (1975: 111), daß in der Mojave-Wüste die Wurzeln der Straßenrandvegetation (dort Büsche von *Larrea tridentata*) bevorzugt in Richtung auf die Straße hin bzw. sogar unter dem Straßenkörper hindurch ziehen.

Dagegen spielt das „asphalt island concept“ (BLACK & TARMY 1963) sicherlich keine Rolle für das Entstehen der nur kleinräumig vorhandenen Straßenrandvegetation. Denn diese theoretischen Prognosen zielen auf großräumige Vertikalbewegungen erhitzter Luftmassen über dunklem Asphalt. Die Konvektion sollte unter bestimmten Umständen zur Wolkenbildung und zu Niederschlägen in ariden Gebieten führen.

Zusätzlich zu dem Abflusseffekt sind vermutlich noch weitere Ursachen für die vermehrte Bioproduktion verantwortlich. Man könnte an den Stau eines Grundwasserstromes durch den Straßenkörper denken. Doch dann dürfte die Straßenrandvegetation lediglich auf einer Seite auftreten. Sie ist aber normalerweise beidseitig zu beobachten, und zwar unabhängig vom Relief des Straßenrandes, ob also die Teerdecke auf einem Damm oder in einem Einschnitt verläuft oder aber im gleichen Niveau wie das flache Umland.

Da die Sensibilität der Pflanzen gegenüber dem Wasserangebot, der Bodenlockerung und -durchlüftung während des Keimungs- und Jugendstadiums höher ist als diejenige verholzter adulter Pflanzen (OZENDA 1977: 66), könnten einmalige Umstände, wie sie während des Straßenbaus gegeben waren, eine Ansiedlung perenner Pflanzen gefördert haben. Zu diesen Gunstfaktoren zählen die mechanische Auflockerung des Untergrundes sowie das Wasser, das bei der Schaffung des Straßenkörpers notwendig war. So tritt z. B. an der Fezzan-Road zwischen Bu Gren und Sebha eine verstärkte Vegetation im Innern und am Rande der flachen Schürfwannen auf, die beim Straßenbau von den Baggern zwecks Materialaushub hinterlassen wurden (vgl. SCHOLZ & GABRIEL 1973: 170).

Sicherlich kann durch den Verkehr auf den Straßen eine Samenverdriftung stattfinden, so daß es im Straßenrandbereich zu einer relativen Anhäufung von Samen kommen mag. Trotzdem wird man davon ausgehen können, daß nirgendwo in ariden Gebieten die Pflanzenarmut auf einem Mangel an Samen beruht. Außerdem müßte sich in diesem Fall die Straßenrandvegetation in ihrer Artenzusammensetzung deutlicher von der übrigen Flora abheben; die Straßen müßten sich als Invasionslinien fremder Arten herausstellen, was in anderen Gebieten durchaus zu beobachten ist (FRENKEL 1970).

Auch die Überlegung, daß das bei der Verbrennung von Benzin frei werdende Wasser den Pflanzenwuchs begünstigt (1 Liter Benzin hinterläßt 0,9 Liter Wasser), führt bei genauer Berechnung zu dem Ergebnis, daß dadurch kaum eine positive Beeinflussung der Wasserbilanz denkbar ist. Bei einer Annahme von 100 Fahrzeugen pro Tag mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 20 l pro 100 km ergibt das nämlich ungefähr 1 cm<sup>3</sup>/d pro stehender Luftsäule über 1 m<sup>2</sup>, wenn der anfallende Wasserdampf sich gleichmäßig nach rechts und links über das gesamte Band mit Straße und Vegetationsstreifen verteilt. Das entspräche zwar theoretisch immerhin einem zusätzlichen Niederschlag von ca. 0,3 mm/a, doch bevor der Wasserdampf überhaupt zur Kondensation gelangt, ist er von den Winden gewöhnlich schon verdriftet.

Ob das bei der Verbrennung von Benzin frei werdende Kohlendioxid, das von den Pflanzen zur Durchführung der Photosynthese benötigt wird, zu einem schnelleren und üp-

pigeren Wachstum der Straßenrandvegetation beiträgt, ist fraglich, da ja in ariden Gebieten normalerweise der Minimumfaktor Wasser limitierend wirkt. Ebenso sind die durch den Verkehr erzeugten Windwirbel oder die bei der Verbrennung anfallende Wärme vermutlich zu vernachlässigen. Doch sind mit hoher Wahrscheinlichkeit mehrere Faktoren beteiligt, deren qualitative und quantitative Beteiligung es im einzelnen noch zu erforschen gilt.

### Schlußbetrachtung

Es erscheint nämlich zweifelhaft, daß das vermehrte Wasserangebot von der Straßendecke die alleinige Ursache ist; denn zum einen ist es schwer vorstellbar, daß der Abfluß teilweise bis zu 10 m weit horizontal nach außen wirken soll, und zum zweiten findet sich der Effekt ebenfalls entlang von Pisten mit unbefestigter Fahrdecke (Photo 5), wenn auch nicht so deutlich ausgeprägt.

JOHNSON et al. (1975) haben an Pisten eine nur 3–6 mal so dichte Vegetation wie in der Umgebung festgestellt, während an Teerstraßen der Faktor bei 6–17 lag. Die Straßenrandvegetation läßt sich zudem auch an solchen unbefestigten Fahrwegen beobachten, auf denen heute kein Verkehr mehr anzutreffen ist: Häufig verläuft die Teerstraße parallel zu ihrer Vorgängerin, einer Pistenspur, und an beiden ist die Straßenrandvegetation (in unterschiedlicher Dichte) zu erkennen, obwohl heute die Fahrzeuge ausschließlich auf der Asphaltstraße fahren. Das deutet im übrigen darauf hin, daß nicht der Verkehr als solcher, sondern der Straßenkörper den entscheidenden Einfluß ausübt. Wenn auch die Verfestigung der Fahrdecke bei Pisten nur gering zu sein braucht – eine gewisse Infiltrationssperre mag hier ebenfalls gegeben sein, so daß ein wenig Zuschußwasser auch da zu erwarten ist.

Wie auch immer, Straßen in ariden Gebieten erweisen sich tatsächlich als „water harvesting systems“! Nun kann man gewiß nicht die Wüste durch parallele Straßen im Abstand von 10–15 m wieder begrünen, doch ließe sich unter Umständen der gleiche Effekt mit billigeren Plastikabdeckungen erzielen. Bereits heute führt die Straßenrandvegetation dazu, daß Schaf- und Ziegenherden gern entlang der Straßenränder weiden und dabei oft eine Gefahr für den laufenden Verkehr darstellen. Deren zusätzliche Düngewirkung wurde übrigens nicht diskutiert.

Es mag noch weitere, bisher unbekannt oder zu wenig beachtete Einflüsse auf das Pflanzenwachstum in ariden Gebieten geben. Genauere Kenntnisse der ökologischen Zusammenhänge würden zweifellos zu einer günstigeren Inwertsetzung dieser Räume führen.

### Literatur

- BATANOUNY, K. H.: Vegetation along Jeddah-Mecca road: Pattern and process as affected by human impact. – *J. of Arid Environments* 2: (1979) 21–30.
- BLACK, J. F. & B. L. TARMY: The use of asphalt coatings to increase rainfall. – *J. of Applied Meteorology* 2 (1963): 557–564.
- BOALER, S. B. & C. A. H. HODGE: Observations on vegetation arcs in the northern region, Somali Republic. – *J. of Ecology* 52 (1964): 511–544.
- CAPOT-REY, R.: Les limites du Sahara français. – *Trav. de l'Inst. de Recherches sahariennes* 8 (1952): 23–48.

- CLAYTON, W. D.: Vegetation ripples near Gummi, Nigeria. – *J. of Ecology* 54 (1966): 415–417.
- CLOS-ARCEUDUC, M.: Etude sur photographies aériennes d'une formation végétale sahélienne: la brousse tigrée. – *Bull. Inst. Fr. Afrique Noire, A*, 18 (3) (1956): 677–684.
- DUBIEF, J.: Le climat du Sahara. – Algier, (1959/1963) 2 Bde.
- FRANKENBERG, P.: Florenreichtumsanalyse des westlichen nordafrikanischen Trockenraumes. – *Natur und Museum* 109 (1) (1979): 18–25.
- FRENKEL, R. R.: Ruderal vegetation along some Californiaroadsides. – *Univ. Calif. Publ. Geogr.* 20 (1970): 1–163.
- HEMMING, C. F.: Vegetation arcs in Somaliland. – *J. of Ecology* 53 (1965): 57–67.
- JOHNSON, H. B., F. C. VASEK & T. YONKERS: Productivity, diversity and stability relationships in Mojave Desert roadside vegetation. – *Bull. of the Torrey Botanical Club* 102 (3) (1975): 106–115.
- MCKNIGHT, T. L.: Great circles on the Great Plains: the changing geometry of American agriculture. – *Erdkunde* 33 (1) (1979): 70–79.
- MENSCHING, H. & F. IBRAHIM: The problem of desertification in and around arid lands. – *Applied Sciences and Development* 10 (1977): 7–43.
- MONOD, TH.: Modes ‚contracté‘ et ‚diffus‘ de la végétation saharienne. – In: *Biology of Deserts. Proceed. Symp. Biol. Hot and Cold Deserts* (ed. J. L. Cloudsley-Thompson), London, (1954) p. 35–44.
- MOTT, J. J. & A. J. MCCOMB: Patterns in annual vegetation and soil microrelief in an arid region of Western Australia. – *J. of Ecology* 62 (1974): 115–126.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K.: Nordafrikanische Trockensteppengesellschaften. – *Erdkunde* 32 (1978): 28–39.
- OLSCHOWY, G.: Straße und Umwelt. – In: *Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland* (ed. G. Olschowy), Hamburg – Berlin, (1978) p. 409–418.
- OZENDA, P.: Flore du Sahara. – 2. Aufl., Paris, (1977) 622 p.
- SCHMID, M.: Ein Beitrag zur Vegetationsgeographie der Westsahara (anhand eines Profils durch Südtunesien und Südalgerien). – *Wiss. Arbeit für die Zulassung zur Wiss. Prüfung für das Lehramt an Gymnasien, Geogr. Institut der Univ. Stuttgart*, (1979) 148 p.
- SCHOLZ, H.: Baumbestand, Vegetationsgliederung und Klima des Tibesti-Gebirges. – *Berliner Geogr. Abhandl.* 5 (1967): 11–16.
- SCHOLZ, H. & B. GABRIEL: Neue Florenliste aus der libyschen Sahara. – *Willdenowia* 7 (1) (1973): 169–182.
- SUTER, K.: Über Quelllöcher, Quellhügel und Wasserstellen des Nefzaoua (Südtunesien). – *Vierteljahresschr. der Naturf. Gesellschaft Zürich* 107 (2) (1962): 49–64.
- VASEK, F. C., H. B. JOHNSON & G. D. BRUM: Effects of power transmission lines on vegetation of the Mojave Desert. – *Madroño* 23 (3) (1975): 114–130.
- VASEK, F. C., H. B. JOHNSON & D. H. ESLINGER: Effects of pipeline construction on creosote bush scrub vegetation of the Mojave Desert. – *Madroño* 23 (1) (1975): 1–13.
- WALTER, H.: Neue Gesichtspunkte zur Beurteilung des Wasserhaushaltes von Wüstenpflanzen. – *Tübinger Geogr. Studien* (Hermann-von-Wissmann-Festschr.), Sonderband 1 (1962): 109–114.
- : Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung. I. Die tropischen und subtropischen Zonen. – 3. Aufl., Stuttgart, (1973) 743 p.
- WHITE, L. P.: Brousse tigrée patterns in southern Niger. – *J. of Ecology* 58 (1970): 549–553.
- WICKENS, G. E. & F. W. COLLIER: Some vegetation patterns in the Republic of the Sudan. – *Geoderma* 6 (1971): 43–59.