STRANDDÜNENWÄLLE AM LÄNGSOSZUG VIRTTAANKANGAS— Säkylänharju in SW-Finnland

GUNNAR GLÜCKERT

GLÜCKERT, GUNNAR 1971: Stranddünenwälle am Längsoszug Virttaankangas-Säkylänharju in SW-Finnland. Bull. Geol. Soc. Finland 43, 7-18.

Seven swarms of well-developed fossil transverse dunes, 2—7 m high and 100—2 000 m long, were formed after the Boreal age (5 000—6 000 B. C.) on the slopes of the Virttaa—Säkylä esker system running in a SE-NW direction east of Lake Pyhäjärvi in SW-Finland. These orientated sand dunes consist of primary glaciofluvial material first sorted by littoral forces and then by aeolian activity. The position of these coastal dune ridges shows the direction of the ancient shore line. The 10 km² wide sand plateau of the Virttaankangas esker was deposited as a submarine delta in a broad crevasse in front of the stagnant margin of the melting continental ice cap. The steep-sloped Säkylä esker with its oblong dead-ice hollows, on the other hand, was mainly formed en- or subglacially in a narrow crevasse or tunnel under the thin, retreating ice. A dark layer of ashes with black-burned stubs in some dunes is an evidence of a fire which destroyed the pine forest on the esker complex for 100—150 years ago.

Gunnar Glückert, Institut für Quartärgeologie, Universität Turku, Turku 2, Finnland.

Einleitung

In der vorliegenden Arbeit werden die Hauptergebnisse der auf dem Osrücken Virttaankangas—Säkylänharju im Herbst 1969 angestellten Flugsanduntersuchungen über Verbreitung, Morphologie, Material und Entstehung der Dünen dargestellt. Auch wird zur Klärung des Genesis des Osrückens kurzgefasst einiges beizutragen versucht. Hinsichtlich der Untersuchungen über Flugsand- und Dünenbildungen sei u.a. auf folgende Werke hingewiesen: Leiviskä (1905), Högbom (1923), Hörner (1927), G. Lundqvist (1943), V. Okko (1949), Flint (1957), Ohlson (1957), Aartolahti (1967), Repo (1969) und Seppälä (1969).

In der von Ester Lumme über die finnischen Flugsand- und Dünenvorkommen gegebenen zusammenfassenden Literaturübersicht mit Kartenbeilage sind Anhäufungen äolischen Materials in Eura am See Pyhäjärvi angegeben (Lumme 1934 S. 10, 16). Wahrscheinlich sind damit nicht die in dieser Untersuchung beschriebenen Dünenfelder am Oszug gemeint. Wilkman



Abb. 1. Das untersuchte Osgebiet Virttaankangas-Säkylänharju mit den Dünenbildungen (schwarze Bogen).

(1898 S. 59–60) nennt als erster die Sandhügel am Fusse des Kankaanharju (Säkylänharju). Das Auftreten der Dünenanhäufungen in selbständiger Form ist durch die beigefügte Kartenskizze veranschaulicht (Abb. 1.).

Das SO-NW-orientierte Längsossystem beginnt in Pusula, Südfinnland, und verläuft durch Somero, Koski und Mellilä nach Oripää (vgl. Sauramo 1958, S. 231). Von da aus setzt es sich als schmaler Rückenzug (A in Abb. 1) in bemerkenswert veränderter Richtung am Südrand des breiten Virttaankangas—Säkylänharju in die Kirchspiele Säkylä und Eura am Ostufer des Sees Pyhäjärvi (45 m ü.d.M.) fort. Der Oszug verzweigt sich am Virttaankangas, denn hinter dem Säkylänharju verläuft seine nördliche Fortsetzung (B in Abb. 1) mit Unterbrechungen durch den See Köyliönjärvi nach Harjavalta.

Der Osrücken Virttaankangas—Säkylänharju zieht sich in der Richtung SO-NW etwas SO von dem 30 km langen See Pyhäjärvi hin. Der 20 km lange und 1—4 km breite Osrücken liegt in den Gemeinden Oripää, Alastaro, Köyliö und Säkylä. Er erhebt sich 20—70 m über die ausgedehnten, monotonen Moor- und Tonböden SW-Finnlands. Der Hauptrücken weist Höhenunterschiede von durchschnittlich 40 m auf. Die Scheitelhöhe des Rückens beträgt 100—147 m und seine Ansatzhöhe 80—95 m ü.d.M. Das Areal des untersuchten Oszuges mit seinen ausgedehnten sandigen Randgebieten umfasst rd. 60 km².

Der Längsos B besteht aus dem breitscheiteligen Virttaankangas und dem schmalen, rückenförmigen, steilhängigen Säkylänharju. Topographisch teilt sich die letztere Aufschüttung in den mächtigen, eigentlichen Säkylänharju mit dichtgedrängten Höhenkurven auf der Karte, und den etwas kleineren, schmalscheiteligen Porsaanharju. NW von ihnen wird der hohe Osrücken allmählich niedriger und setzt sich als Kiviharju und Palonummi fort. Danach bricht der Os bei der Quelle Kuninkaanlähde im Dorfe Kankaanpää am SO-Ufer des Sees Köyliönjärvi völlig ab. Die Kirche von Köyliö liegt auf einer



Abb. 2. Das breitscheitelige Plateau des Virttaankangas bei 100-110 m ü. d. M. vertritt die Strandfläche A I des Ancylussees (Alle Photos G. Glückert).

kleinen Osinsel mitten im Köyliönjärvi (Abb. 1).

Der breitscheitelige Abschnitt des Oszuges B teilt sich in den umfangreichen eigentlichen Virttaankangas und die nach SO sanft abfallende plateauförmige Heide. Diese besteht aus dem Järvenkangas und Virkamäenkangas. Der Distalrand des flach abfallenden Osplateaus ist mit seiner Nahumgebung etwas unbestimmt abgegrenzt. Diese morphologisch einförmige Ebene verschmilzt allmählich mit der kleinkuppigen Fels- und dickmoosigen Hochmoortopographie der östlichen Osumgebung.

Der ebene Virttaankangas, dessen gesamter Flächenraum annähernd 10 km² ausmacht, bildet die ausgedehnteste naturbedingte Sandebene im südwestlichen Finnland. Man hat ihn für einen neuen Grossflugplatz vorgesehen, und hierfür hat das Plateau trotz seiner weitständigen Dünenbildungen ausserordentlich gute Voraussetzungen (Abb. 2).

Am Säkylänharju erstrecken sich einige längliche, 40—50 m tiefe Osgruben, die den Hauptos in zwei parallel verlaufende Rücken teilen. Schon Wilkman (1898 S. 60) erwähnt die in der Plateaumitte des Virttaankangas gelegene einzige 15 m tiefe Oase, die Osgrube Kankaanjärvi.

Das relativ ebene Talgelände zu beiden Seiten des Oses liegt bei etwa 75-85 m ü.d.M. In der Umgebung des Längsoses gibt es kahle Felsblössen nur sehr spärlich. Sie erheben sich

2 13815-70



Abb. 3. Schnitt im Virttaankangas. Unter dem rötlichen Dünenüberzug mit waagerechter (a) und diagonaler Schichtstellung (b) eine dunkle, hart verpanzerte Diskordanzfläche (c) und primäres, graues, kiesreiches, diagonal geschichtetes Sandlager (d). Zuunterst waagerecht sedimentierter Sand (e). Die Uferablagerung fehlt hier gänzlich, denn ihr Material ist zu Dünen umgelagert.



Abb. 4. Details mit kiesuntermischten Zwischenschichten und -linsen aus dem primär geschichteten Sandlager d auf Abb. 3.

nur 5—15 m über Äcker und Moore. Wahrscheinlich liegt der flache Felsgrund auch unter dem Os ziemlich tief eingebettet, denn an den niedrig gelegenen Randgebieten des Hauptrückens kommen nur ausnahmsweise einzelne Felskuppen im Osmaterial zum Vorschein.

Morphologie und Ausbreitung

Auf der topographischen Grundkarte treten insgesamt sieben Gruppen von schmalen Streifen auf dem Os und insbesondere in den Randgebieten zu beiden Seiten des Hauptrückens morphologisch hervor. Bei genauerem Untersuchen erweisen sich diese entweder gerade oder gebogen verlaufenden parallelen Streifen als vormalige Flugsandfelder mit zahlreichen unterschiedlich grossen Wallbildungen von wechselnder Form (Abb. 1). Sie bilden manchenorts eine ausnehmend wirkungsvolle Dünenlandschaft. Ausser diesen bewaldeten, gebundenen Flugsandrücken mit schwach abgeböschten Hängen hat sich eine 0.3–2 m mächtige einheitliche Schicht von äolischem Triebsand ohne selbständige Formen überall im Osgelände ausgebreitet.

Nach Lage, Orientierung und Formen variieren die Dünenanhäufungen in erheblichem Masse. Die verschieden gestalteten 20-50 m breiten Flugsandbildungen können in drei morphologische Gruppen eingeteilt werden. Die zerrissenen, regellos geformten Dünenfelder mit 2-5 m hohen, rundlich bis schwach länglichen, teilweise zusammenhängenden Flugsandkuppen gehören zu der ersten Gruppe. Sie erstrecken sich hoch oben auf dem ebenen, nach SO gleichmässig abfallenden Osscheitel des Virttaankangas bei 110-115 und 100-107 m ü.d.M. Hier bilden sie eine meistens unausgerichtete, wellige Hügellandschaft. Auch erkennt man ein solches gebuckeltes Dünengelände auf den waagerechten Sandfeldern unten zu beiden Seiten des eigentlichen Osrückens in Kärvässuo (95-105) und Vallisto (95-105 m ü.d.M.). Ähnliche wellige Sandflächen mit in unregelmässig angeordnete Kuppen aufgelösten Dünenbildungen decken zum Teil auch den SO gelegenen Oripäänkangas.

Die Flugsandbildungen der zweiten Gruppe sind hintereinandergelegene, geradlinige, 100-2 000 m lange und 2-4 m hohe, wallartige Rücken. Sie liegen in Harjunkylä (90-100), Riittiö (90-100 ü.d.M.), Kärvässuo und Vallisto an den unteren Flanken und am Fusse zu beiden Seiten des eigentlichen Osrückens. Die auf den deutlich geneigten Osflanken verlaufenden Dünen liegen eng beisammen, denn die Breite der Talungen zwischen den Wallrücken beträgt oft nur 30-50 m. Anderswo sind die Wälle einigermassen deutlich voneinander getrennt. Am Proximalhang des Virttaankangas durchqueren mehrere aufeinanderfolgende mächtige, mit dem Os gleichgerichtete, teilweise miteinander verschmolzene Dünenketten die Lanstrasse von Turku nach Tampere.

Auf den durch Abholzung kürzlich freigelegten Dünenfeldern in Harjunkylä und Vallisto ist der Sand auf einigen Kämmen durch Deflation in Bewegung geraten. Die durch Zwerggesträuch, vorwiegend mit einem Arctostaphylos uva-ursi-Teppich bekleideten Dünenkämme sind nicht imstande gewesen, dem stets heftig wehenden Wind zu widerstehen.

Die bogenförmigen, langgestreckten, ca. 2-7 m hohen, einander weitgehend ähnelnden Wallketten der dritten Formengruppe liegen in Rajaahde (90-95), Kankaanpää (75-85), Vallisto und bei der Garnison von Säkylä (75-100 m ü.d.M.). Sie erstrecken sich in den ebenen Randgebieten und darüber hinaus auf den flachmoosigen Moorböden. Besonders in den Moorsenken von Larminsuo und Konsilosuo verlaufen 0.5-3 m hohe, 100-2000 m lange, gleichgerichtete, hintereinander angeordnete, teilweise zerbrochene Flugsandwallreihen. Sie gehen teilweise in gewellte Dünenreihen über und verleihen dem Landschaftsbild ein eigenartiges Gepräge. Die verflachenden Enden der Wälle senken sich allmählich auf die Moore nieder und biegen von der Richtung des Oses ab. Sie erstrecken sich in vielen nach N und S gerichteten Bögen bis zu 2-3 km Entfernung vom Säkylänharju und Virttaankangas. Die längsten Sandrücken schieben sich weit in offene Moorflächen vor, zerfallen und verschwinden in einzelnen Kämmen unter dem Moos (Abb. 1).

Aufbau und Material

In Aufschlüssen und kleinen Wallschnitten, gering an der Zahl, gehen der Aufbau des Oses und die Struktur der Dünen zum Teil hervor. In grossen Dünenschnitten erscheint zuunterst zum Oskern gehörender, primärer, schräggeschichteter, kiesuntermischter Sand. Auf diesem Osmaterial hat sich diskordant 0.5-3 m mächtiger, wagerecht geschichteter, feiner Strandsand oft mit dünnen Grobsand- und Feinkiesschichten auf kleinsteiniger Kiesunterlage abgesetzt.

Manchenorts, z.B. auf dem Virttaankangas, fehlen Ablagerungen von Ufersand völlig, denn die Deflation hat diese feinverteilte Sandschicht fortgeführt, umgeformt und zu Dünen aufgeschüttet. In den Sandgruben entdeckt man eine deutliche, hartverpanzerte Diskordanzfläche. Sie ist von Verwitterungslösungen dunkel gefärbt (vgl. Okko 1949 S. 64) und in mehreren Aufschlüssen deutlich zu erkennen. Sie unterscheidet den zuoberst gelegenen, rötlich gefärbten äolischen Flugsand von der darunter sedimentierten, rötlichgrauen Ufer- und glazifluvialen Ablagerung (Abb. 3 und 4).

In den auf dem Virttaankangas aufgeschütteten Dünen mit den beinahe symmetrisch abfallenden Flanken sind die Schichten ungefähr in der Hangrichtung geneigt, nämlich 5-15° nach S und 10-25° nach N. Auf den Gehängen und am Fusse des Osrückens haben die Dünenwälle eine merklich steilere Oberfläche und Schichtung. Die Gefällsrichtung der dem Os zugekehrten Leeseiten und ihre Schichtung liegen steiler als die der luvseitigen Böschungen. Die luvseitigen Innenflanken der gekrümmten Dünenwälle in den Moorgebieten sind etwas weniger geneigt, um 5-15°, während die Leeflanken steiler, um 10-20° abgeböscht sind. In einigen, teils waldbewachsenen, teils noch blosskämmigen Dünen bei 100-105 m ü.d.M. in Harjunkylä wurde in 30-70 cm Tiefe eine dunkle, schmale Aschenschicht mit verbrannten Baumstubben entdeckt (Abb. 5, 6 und 7).

Der Flugsand besteht aus feinverteiltem, wohlsortiertem Mittel- und Feinsand. Der Anteil des vorherrschenden Mittelsands (ø 0.6–0.2 mm) beträgt ganze 80–85 % und schwankt zwischen 72 und 89 %. Die untersuchten Dünenproben enthalten 5–10 % Feinsand und 2–18% Grobsand. Die vergleichenden Korngrössen-



Abb. 5. Dünenquerschnitt im SW-Hang des Säkylänharju. Der Luv links, die steilere Lee rechts.



Abb. 6. Schnitt in eine Düne mit schräggeschichtetem Flugsand auf waagerecht abgesetztem Ufersand und primärem Osmaterial.

analysen von Strandablagerungen, die den homogenen Triebsand unterlagern, zeigen, dass das Material der ersteren anders als der Dünensand beschaffen ist. Der Ufersand ist nämlich einigermassen schwächer sortiert und besteht aus gröberem Material, vorwiegend Mittel-(30-75 %) und Grobsand (15-30 %). Am schwächsten sortiert ist das primäre glazifluviale Material, das hauptsächlich aus Grobsand (20-60 %) und Feinkies (10-20 %) besteht (Abb. 8).

Die durchschnittliche Mineralienzusammensetzung der Proben wurde durch ein Stereomikroskop untersucht. Der rötlichen Farbe nach stammt das herkunftnahe Material hauptsächlich aus dem Felsgrund des in einiger km nach NW vorkommenden jotnischen Arkosensandsteins. Die Sandkörner, die kleiner als 0.2 mm sind, bestehen ausschliesslich aus nur einem Mineral. Die vorherrschenden Mineralien sind Quarz und Feldspat, deren Anteil am Sande 75-95 % ausmacht. Der Rest besteht im allgemeinen aus Biotit und anderen dunklen Mineralien, z.B. Hornblende.

Am meisten Quarz gibt es in den ausgesiebten Fraktionen von \emptyset 0.2—0.5 und unter 0.06 mm (80—85 %). Der Prozentsatz der Feldspatkörner (8—17 %) nimmt mit der Verringerung der Korngrösse etwas ab. Biotit (1—10 %) hat sich ausschliesslich in den Feinsandfraktionen angesammelt. Auch andere dunkle Mineralien



Abb. 7. Die schmale Aschenschicht (Pfeil) mit verbrannten Baumstubben ist die einzige Hinterlassenschaft eines vormaligen Waldbrandes am Osrücken.



Abb. 8. Die Kornverteilungskurven für glazifluviales Material (G), Ufersand (U) und Dünensand (D) weisen auf eine unterschiedliche Sortierung hin.



Abb. 9. Die durchschnittliche Abrundung der Quarzkörner von Dünen- (D) und Ufersand (U) sowie glazifluvialem Material (G). Die Körner der zwei erstgenannten sind gleicherweise abgerundet und trotz mehrfacher Bearbeitung etwas kantiger als die Körner des letzteren.

gibt es am meisten (7—16 %) unter den Feinsandkörnern von \varnothing 0.074—0.125 mm.

Die in der Abrundung der Mineralienkörner bestehenden Differenzen zwischen Dünenmaterial, Ufersand und glazifluvialem Material wurden miteinander verglichen. Dazu wurden 100 reingewaschene Quarzkörner der ausgesiebten Fraktionen, ø 0.59-1.0, 1.0-2.0 und 2.0-4.0 mm, ausgezählt. Die Rundungsanalysen der Proben wurden mit einem Bulldozer-Graniformameter-Apparat untersucht. Er teilt die geprüften Quarzkörner mehrerer Bearbeitungsklassen mechanisch in verschiedene Winkelklassen auf (vgl. Krygowski 1964, 1965, Seppälä 1969 und Glückert 1970). Der Apparat gehört dem Geographischen Institut der Universität Turku, wo der Verfasser die Abrollungsanalysen prüfen konnte.

Die Quarzkörner werden bei verschiedenen Neigungswinkeln längs der feingeschliffenen Mattglasscheibe des Apparats abwärts gerollt. Der Neigungswinkel, bei dem die Körner fallen, wird durch die immer um Winkelwerte von 2° (Winkelklassen von 0 bis 32°) steiler eingestellte Glasscheibe fortgeführt, bis alle Körner abwärts gerollt sind. Bei jedem Winkel werden die gefallenen Körner gezählt. Gemäss ihrer Abrundung erhält man im Apparat die Verteilung der Quarzkörner auf verschiedene Rundungsklassen. Je besser die Körner abgerundet sind, um so geringer ist der Wert des Neigungswinkels, den sie für das Herabrollen brauchen.

Als Resultat der Analysen stellte sich heraus, dass sich durch die geringen Abweichungen des Rundungsgrades die Körner der unter verschiedenen Verhältnissen entstandenen Ablagerungen allgemeinen voneinander unterscheiden im lassen (vgl. Glückert 1970, S. 38-42). Die durchschnittliche Abrundung des Ufersandes und des äolisch bearbeiteten Flugsandes liegt bei ca. 17°, die des glazifluvialen Materials bei ca. 15° (Abb. 9). Obgleich die zwei erstgenannten auf dem Os mehrfacher Bearbeitung und Sortierung unterstanden haben, sind ihre Körner kantiger als die des ursprünglichen glazifluvialen Materials. Die von Wind und Uferkräften geschliffenen Körner sind während der Sedimentation durch Verwitterung etwas kantiger geworden (vgl. Aartolahti 1967 S. 112-113, 1968 S. 87-88).

Die Ufersande sind von den Wellen nur wenig bearbeitet und eine kurze Strecke verfrachtet worden, da ihre Körner oft beinahe ebenso gerundet sind wie die des glazifluvialen Materials. Stellenweise ist die Grenze zwischen diesen Ablagerungen im Terrain schwer zu erkennen, weswegen das feinverteilte glazifluviale Material dort nicht von dem Ufersand unterschieden werden kann.

Entstehung des Oses und der Dünen

Die Oszüge folgen im allgemeinen der Bruchzonen, und die Ose liegen oft in den Randge-



Abb. 10. Längliche, 50 m tiefe Toteiswanne liegt zwischen den schmalkammigen Hauptrücken des Säkylänharju.



Abb. 11. Die Oase Kankaanjärvi bildet die einzige Toteisgrube in der Mitte des ebenen Virttaankangas.

bieten der Bruchtäler. Die Ose verzweigen sich auf einem unebenen Relief öfter als auf einem ebenen. Nebenose können sub- und englazial durch Eisspaltung und Tunnelbildung entstehen (vgl. Strandmark 1889, Hyyppä 1954, Granö 1958, Eriksson 1960). Die Seebecken Pyhäjärvi und Köyliönjärvi sowie die Bruchzone unter dem Oszug (Laitakari 1969 S. 163—165) haben topographisch auf das Spalten und Zurückweichen des Inlandeises eingewirkt.

Die einzelnen Teile des Osrückens umfassen auf verschiedene Weise entstandene Abschnitte. Der breite Virttaankangas ist der Morphologie und dem Aufbau nach an der Mündung einer länglichen, sich am Virttaankangas verzweigenden, erweiterten Eisspaltenbucht subaquatisch als ebene Deltabildung entstanden. Die sich gleichmässig nach SO senkende Plateaufläche des heutigen Osscheitels ist nach Ansicht des Verfassers in den Hauptzügen als ursprüngliche Deltaebene zu bezeichnen. Nachträglich ist diese plateauförmige Heide noch durch Uferkräfte und äolische Wirksamkeit deformiert worden.

Der in dem südlichen Zweig der Eisspalte und in ihrer sub- und englazialen Tunnelfortsetzung durch Schmelzwasserflüsse entstandene Os (A) zieht sich nach den Kirchspielen Säkylä und Eura am Ostufer des Pyhäjärvi hin. Der rückenförmige, steilwandige Säkylänharju ist in dem nördlichen Ausläufer (B) der zweiteiligen Eisspalte oder teilweise -tunnelbildung bei engem Eiskontakt nach dem Entstehen des Virttaankangas abgesetzt worden. Dabei haben sich gewaltige, längliche Toteisklumpen vom Rande der Eisspalte des zurückweichenden Inlandeises losgebrochen und das Absetzen des Materials auf beide Seiten gelenkt. Nach dem Abschmelzen hat dieses Eis zwischen den scharfkammigen Parallelrücken des Oses die langgestreckten, trogförmigen Toteiswannen geformt (Abb. 10).

Die schmalen Teile des Oses sind in den Tunneln oder in schmalen Eisspalten entstanden, die breiten Teile wiederum an deren Mündungen. Das Inlandeis hat sich sehr langsam nach NW bewegt oder sogar haltgemacht, weil es eine so grosse Osbildung aufgeschüttet hat (vgl. Aartolahti 1968 S. 39—42).

Der naturschöne Weiher Kankaanjärvi mit klarem Wasser bildet die einzige Vertiefung in der Osmitte des umfangreichen Virttaankangas. Diese Osgrube ist wahrscheinlich auch der Rest eines Toteisklotzes, der sich während der Deltabildung im Sande verankert hat. Möglicherweise könnte dieses vereinzelte Soll auch von der starken Strömung durch den reduzierten und durchlöcherten Eisrand ausgestrudelt worden sein (vgl. Hjulström 1944 S. 342, V. Okko 1945 S. 28, 45–50, Flint 1957 S. 152– 159, Woldstedt 1961 S. 124–129, M. Okko 1962 S. 102—106 und Aartolahti 1968 S. 39—45) (Abb. 11).

Der schmalgeförmte Doppelrücken der eigentlichen Ose Säkylänharju und Porsaanharju bildet den primären, schräggeschichteten glazifluvialen Kern des Oszuges. Am nördlichen Plateaurand des Virttaankangas setzt sich der grobkörnige glazifluviale Kern als schmaler Randrücken fort. Er liegt besonders im NO-Teil des Virttaankangas unter der ebenen Plateaufläche verborgen (Abb. 12).

Aurola (1938) hat Untersuchungen über Uferverschiebung in SW-Finnland ausgeführt. Aufgrund seines dazu erarbeiteten Diagramms lassen sich am subaquatischen Säkylänharju mehrere Strandflächen erkennen. Die höchstgelegenen Plateaus bei 145—147 m ü.d.M. am Oskamm sind ausgeebnete Abtragungflächen des ehemaligen Wasserstands Rho I im Baltischen Becken. Aurola (1938 S. 132) nennt auch andere Uferlinien, die niedriger gelegen sind, nämlich Rha I bei 127—128, Rha III bei 117—118, A I bei 105—109, A II bei 92 und L I bei 64 m ü.d.M. (vgl. auch Sauramo 1958, S. 233 und Virkkala 1959 S. 44).

Schon Ramsay (1896 S. 18) erwähnt das höchste Yoldiaufer, das seine Lage am Säkylänharju bei 139 m ü.d.M. hat. Wilkman (1898 S. 71) schreibt von einigen Uferwällen auf dem Osrücken bei 139 und 126.5 m. Der Verfasser hat am Oszug die deutlichsten Uferanzeichen in 145 und 100-110 m Höhe entdeckt. Diese Uferbildungen vertreten Plateaus und Terrassen, die von der Abrasionswirkung der ehemaligen Ostseestadien herausgearbeitet worden sind. Auch mächtige Sand-, Kies- und Geröllwälle sind auf den Terrassenplattformen zu jener Zeit aufgeschüttet worden. Die am besten entwickelten Uferterrassen und -wälle sind auf den Gehängen des scharfrückigen Säkylänharju bei 100-110 m entstanden (Abb. 13).

In der Borealzeit ragte der Os als langer Inselrücken aus dem Ancylussee auf. Das höchste Ancylusufer liegt nach Aurola (1938) also bei 105—109 m ü.d.M. Beim Sinken des Wasserspiegels wurden umfangreiche Strandablagerungen auf dem Os abgesetzt. Offensichtlich stammen die ältesten Dünenanhäufungen am Virttaankangas aus diesem Zeitabschnitt. In den niedriger gelegenen Niveaus sind die Dünen jünger. Sie sind nach der Regression des Ancylussees unterhalb der Höhenzone von 100 m entstanden. Okko (1964 S. 298) erwähnt grosse Dünen am Porsaanharju, die sich in der Strandzone des Ancylussees gebildet haben.

Der Dünensand stammt aus dem primären glazifluvialen Material des Oszuges (vgl. z.B.



Abb. 12. Primärer, grober Kies des Oskernes liegt am nördlichen Plateaurand des Virttaankangas unter dem Flugsandüberzug verborgen.



Abb. 13. Die Ancylusgrenze bei ca. 110 m ü.d.M. liegt am Fusse der SW-Abdachung des Säkylänharju in der Nähe der Garnison von Säkylä.

Leiviskä 1905 S. 9—10 und V. Okko 1949 S. 65). Das mehrfach sortierte Material, die Oberflächenformen der grossen, ebenen Sandfelder besonders bei 100—105 m und die Uferbildungen bezeugen deutlich die Arbeit von Meer und Wind. Die in der Richtung der ehemaligen Uferlinie des Ancylussees verlaufenden Dünenrücken charakterisieren die Höhenzonen besonders bei 100—105 und 75—90 m ü.d.M.

Die Massen der gleichgerichteten Wallbildungen sind aus dem untermeerischen Strandsand durch die Wellen losgerissen, ans Ufer geschleudert und wallförmig abgelagert sowie vom trocknenden Winde zu welligen Dünenbildungen aufgetrieben worden. Demnach haben die dem Ufer parallel streichenden Dünenwälle zu beiden Seiten des Osrückens als typische Küstenbildungen zu gelten. Möglicherweise haben sich schon auf dem Meeresboden ausgereifte submarine Sandwälle und -felder ausgebreitet, die bei der Landhebung aus dem Wasser aufgetaucht, vom Winde ergriffen und mit Dünensand überzogen worden sind (vgl. Leiviskä 1905 und Helle 1965).

Starke Winde haben besonders in der Spätglazialzeit in der Nähe des Inlandeises von W und NW geweht (vgl. Högbom 1923 S. 140-170, 223, Hörner 1927 S. 170-173, G. Lundqvist 1943 S. 142, Woldstedt 1961 S. 186-192, M. Okko 1962 S. 113 und Aartolahti 1967 S. 116-119, 1968 S. 88-89). Die Lage und Längsorientierung der Flugsandrücken ist von der Topographie der ehemaligen Küstengegend im grossen Masse abhängig gewesen. Der Gradient des Strandes ist sehr flach gewesen. Die Sanddünen sind dem ehemals offenen Ancylussee zugekehrt und in den nach W und NW offenen, bogenförmigen Buchten von heftigen W- und NW-Winden längs der Uferlinie als Stranddünenwälle aufgeschüttet worden. Sauramo (1958, S. 233) schreibt von dicht übereinander gelegenen Strandwällen, die teilweise von fossilem Dünensand bedeckt und nach ihm also als Dünenstrandwälle anzusehen sind.

Sämtliche Dünenanhäufungen zu beiden Seiten

des Hauptrückens sind gemäss ihrer Lage und Orientierung als Quer- oder Transversaldünen anzusehen. Ihre Querschnitte weisen auf die Hauptrichtungen der dünenschaffenden Winde hin, wobei die Luv der Wallrücken sanfter geneigt als die windabgewandte Lee ist. Die bunte Stratigraphie einiger flachhängiger Dünen rührt von den Veränderungen der Windrichtungen und -stärken her, die Variationen in der Akkumulation und Abtragung der Dünen verusacht haben (vgl. V. Okko 1949 S. 61-66 und Repo 1969 S. 42-47). Die langgestreckten Flugsandhügel auf dem flachgewellten Deltaplateau von Virttaankangas sind sanft abgerundete, im Querschnitt annähernd symmetrische Rücken, deren feinverteiltes Material der Schichtung nach sowohl durch Süd- als auch Nordwinde zu Hügeln aufgetrieben worden sind.

Das Alter der ersten Dünenfelder auf dem Os ist höchstens auf 7 000-8 000 Jahre zu schätzen. Die Dünenbildung hat stellenweise sogar in einigen hundert Jahren stattfinden können (vgl. Högbom 1923 S. 159 und Hörner 1927 S. 167). Auf dem Osrücken ist die gute Materialzufuhr für die Entstehungsgeschwindigkeit der Dünen ausschlaggebend gewesen. Wegen der vorteilhaften Exposition des Oses haben die Winde wenigstens stellenweise mehrere tausend Jahre lang unbehindert Flugsand in grossen Mengen an den kahlen Flanken hin und her getrieben, ehe die festigende Bodenvegetation den aufgewirbelten Sand gebunden hat.

Die bewaldeten Dünen sind durch einen Waldbrand vor rd. 100-150 Jahren wieder blossgelegt worden. Darauf deutet in einigen Flugsandhügeln die schwarzgefärbte Aschenschicht mit Baumstubben hin. Nach dem Waldbrand hat der unermüdliche Wind feinen Sand aufgeweht und auf den durch Waldbrand freigelegten Dünen angehäuft. Danach hat der bewachsene Boden wieder den Triebsand gebunden.

Mehrere blossgelegte Dünenkämme weisen darauf hin, dass auf einigen Dünenketten die Dünenbildung immer noch fortsetzt. Eine verbrannte Baumstubbe in einem Hügel unter 70 cm dicker Feinsanddecke wurde mit der Radiokarbonmethode als rezent (HEL-100) datiert (vgl. Abb. 7). Da jedoch auf diesem Dünenhügel heute schon grosse Kiefer wachsen, deren Alter auf ca. 100 Jahre zu schätzen ist, dürfte der Waldbrand etwa vor 100-150 Jahren stattgefunden haben.

- Dem Vorstand des Instituts für Quartärgeologie der Universität Turku, Herrn Dr. Professor Martti Salmi danke ich bestens für das Durchgehen des Textes und Frau Dr. phil. Marta Römer für die sprachliche Korrigierung des Manuskripts.

LITERATURVERZEICHNIS

- AARTOLAHTI, TOIVE (1967) Über die Dünen von Urjala. Bull. Comm. géol. Finlande 229, 105–121.
- (1968) Die Geomorphologie des Gebiets von Tammela, Südfinnland. Fennia 97, 7, 1—97.
- ERIKSSON, K. GÖSTA (1960) Stockholmsåsen vid Halmsjön. English summary: Studies of the Stockholm ose at Halmsjön, Uppland, Sweden. Geol. Fören. Förhandl. 82, 43—125.
- FLINT, RICHARD (1957) Glacial and pleistocene geology. New York, 1—553.
- GLÜCKERT, GUNNAR (1970) Vorzeitliche Uferentwicklung am ersten Salpausselkä in Lohja, Südfinnland. Annales Universitatis Turkuensis, Ser. A, II. Biologica-Geographica-Geologica 45, 1–116.
- GRANÖ, OLAVI (1958) The Vessö esker in Southern Finland and its economic importance. Fennia 82, 1, 1–33.
- HELLE, REIJO (1965) Strandwallbildungen im Gebiet am Unterlauf des Flusses Siikajoki. Fennia 95, 1, 1–35.
- HJULSTRÖM, FILIP (1944) Uppsalaåsen. Karta med beskrivning. Geographica 15, 313-379.
- HYYPPÄ, ESA (1954) Åsarnas uppkomst. Geologi 6, S. 45.
- Нögвom, A. G. (1923) Ancient inland dunes of Northern and Middle Europe. Geogr. Annaler 5, 113—243.
- HÖRNER, N. G. (1927) Brattforsheden. Ett värmländskt randdeltekomplex och dess dyner. Summary: Brattforsheden, a complex of was plains or marginal deltas and its dunes. Sveriges Geol. Unders., Ser. C. 342, 1—243.
- KRYGOWSKI, BOGUMIL (1964) Graniformametria mechaniczna. Teoria, Zastosowanie. Zusammenfassung: Die mechanische Graniformametrie. Theorie und Andwendung. Gesellschaft der Freunde der Wissenschaften in Poznan. Abhandlungen der geographischgeologischen Kommission II: 4, 1–112.
- (1965) Some Pleistocene and Holocene sedimentary environments in the light of the mechanical graniformametry. Geographia Polonica 6, 117—126.
- LAITAKARI, AARNE (1969) Oripäänkankaan kvartsibreksia. Summary: Quarz breccia from the Oripäänkangas esker in SW Finland. Terra 81, 3, 163–165.

- LEIVISKÄ, IIVARI (1905) Über die Entstehung der Dünengebiete an der Küste des Bottnischen Meerbusens. Fennia 23, 2, 1—20.
- LUMME, ESTER (1934) Die Flugsandfelder und Dünengebiete Finnlands. Nach Literaturbelegen zusammengestellt. Fennia 59, 2, 1—77.
- LUNDQVIST, G. (1943) Norrlands jordarter. Sveriges Geol. Unders., Ser. C. 457, 1–165.
- OHLSON, BIRGER (1957) On flygsandfälten på Hietatievat i östra Enontekiö. Summary: On the drift-sand formations at the Hietatievat in Eastern Enontekiö. Terra 69, 4, 129–137.
- Okko, MARJATTA (1962) The development of the First Salpausselkä, west of Lahti. Bull. Comm. géol. Finlande 202, 1—162.
- Окко, VEIKKO (1945) Untersuchungen über den Mikkeli—Os. Fennia 69, 1, 1—55.
- (1949) Suomen geologinen yleiskartta. Lehti B4. Kokkola. Maalajikartan selitys. Geologinen tutkimuslaitos. The general geological map of Finland. Sheet B4. Kokkola. Explanation to the map of surficial deposits. The Geological Survey of Finland, 1—108.
- (1964) Maaperä. Suomen geologia. Herausgegeben von Kalervo Rankama. Helsinki, 239–332.
- RAMSAY, WILHELM (1896) Till frågan om det senglaciala hafvets utbredning i södra Finland. Fennia 12, 5. Bull. Comm. géol. Finlande 3, 1—44.
- REPO, REINO (1969) Suomen geologinen kartta. Lehti 4223. Joensuu. Maaperäkartan selitys. Geologinen tutkimuslaitos. Geological map of Finland. Sheet 4223. Joensuu. Summary: Explanation to the map of surficial deposits. The Geological Survey of Finland, 1-86.
- SAURAMO, MATTI (1958) Die Geschichte der Ostsee. Annales Acad. Scient. Fennicæ, Ser. A, III. Geologica-Geographica 51, 1–522.
- SEPPÄLÄ, MATTI (1969) On the grain size and roundness of wind-blown sands in Finland as compared with some Central European samples. Bull. Geol. Soc. Finland 41, 165—181.

18 Gunnar Glückert

- STRANDMARK, P. W. (1889) Om jökelelfvar och rullstensåsar. Geol. Fören. Förhandl. 11, 340–368.
- WILKMAN, W. W. (1898) Kertomus karttalehteen No. 32. Loimaa. Suomen geologinen tutkimus, 1–74.
- VIRKKALA, K. (1948) Suomen geologinen yleiskartta. Lehti D4. Nurmes. Maalajikartan selitys. Geologinen tutkimuslaitos, 1—101.
- (1959) Über die spätquartäre Entwicklung in Satakunta, W-Finnland. Bull. Comm. géol. Finlande 183, 1—56.
- WOLDSTEDT, PAUL (1961) Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Quartärs. Band I. Stuttgart, 1—374.

Manuskript eingegangen am 15. Januar 1970.