Zeitschrift: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Forschungsinstitut Zürich
Band: - (1956)

Artikel: Zur Bildungsgeschichte der Mergel von Noranco bei Lugano
Autor: Müller, Paul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377563

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Kärpf. – Theobald 1861 Rhät. Alpen. – Trepp 1954 Aufforstungen. – Vierhapper 1915/16 Zirbe. – Walkmeister 1889 Bergbau. – Weiss 1941 Alpwesen Graubündens. – Welten 1950 Alpweiderodung/Pollendiagramm; 1952 Simmental. – Winkler 1930 Forstgeschichte/Pfl.geographie; 1933 Gebirgswälder; 1955 Walsersiedlungen. – Winteler 1927 Sernftal. – Wirz 1921, 1928 Glarus. – Zollinger 1938 Tannenhäher. – Ausserdem geologische Karten.

B.

Auer, Christian, Untersuchungen über die natürl. Verjüngung der Lärche im Arven-Lärchenwald des Oberengadins. Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen **25** 1947 (1–140).

Burckhardt, Dieter, Der Tannenhäher. Schweizer Naturschutz **23** 1957 (12–14).

Campell, Eduard, Der Lärchen-Arvenwald. In: Campell, E., Kuoch, R., Richard, F. und Trepp, W., Ertragreiche Nadelwaldgesellschaften im Gebiet der schweiz. Alpen. Beiheft **5** zum „Bündnerwald" 1955 (14–26).

Lüdi, Werner, Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des grossen Aletschgletschers. Jahresber. Geobot. Inst. Rübel **1944** 1945 (35–112).

Pallmann, H., u. Haffter, P., Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin mit besonderer Berücksichtigung der Zwergstrauchgesellschaften der Ordnung Rhodoreto-Vaccinietalia. – Ber. Schweiz. Bot. Ges. **42** 1933 (357–446).

Svanberg, Olof, Food Storage, Territory and Song in the Thick-billed Nutcracker. Proceedings of the Xth Internat. Ornitholog. Congress, Uppsala 1950, 1951 (545–553).

de Werra, Ad., L'arolle et sa répartition en Valais. Journal forestier Suisse **82** 1931 (253–256, 299–307).

Zoller, Heinr. (briefl. Mitteilung über Pollenanalysen in der Leventina).

ZUR BILDUNGSGESCHICHTE DER MERGEL VON NORANCO BEI LUGANO

Von Paul Müller, Schiltwald[1]

Die Mergel von Noranco, welche die Geologen fälschlicherweise als Tone bezeichnen, werden schon fast seit 100 Jahren ausgebeutet und zur Herstellung von Backsteinen und Ziegeln verwendet. Sie wurden 1906 von E. Blumer erstmals genauer untersucht und beschrieben und zunächst als eine würmeiszeitliche Bildung betrachtet. Aber schon ein Jahr darauf, nachdem er auch noch die „Tone" von Calprino am Mt. S. Salvatore untersucht hatte, beschreibt er sie im Sammelband „Die schweizerischen Tonlager" neuerdings und erklärt, die Mergel müssen in einer Zwischeneiszeit an einem Eisrand abgelagert worden sein. 1915 beobachtete J. Weber in den Mergeln, die er als Seeabsetzungen der letzten Zwischeneiszeit betrachtete, Pflanzenreste, welche von H. Brockmann-Jerosch bestimmt wurden. In neuerer

[1] Bemerkung des Herausgebers: Wir veröffentlichen diese sorgfältige Untersuchung gerne, ohne aber mit den Schlussfolgerungen des Verfassers einig zu gehen.

Zeit (1934) hat sich H. Annaheim im Zusammenhang mit einer eingehenden geomorphologischen Untersuchung der eiszeitlichen Ablagerungen in der Umgebung von Lugano ebenfalls mit den Mergeln von Noranco befasst. Er kommt zum Schluss, die Mergel müssen während der Würmeiszeit in einem durch Gletscher hochgestauten See abgesetzt worden sein. W. Lüdi (1944) endlich hält an der interglazialen Entstehung der Ablagerungen fest, und zwar auf Grund der von ihm beobachteten Lagerungsverhältnisse, wie sie zum Teil aus seinen Diagrammen hervorgehen, sowie einer Vergleichung der bislang bekannten Flora von Noranco mit der von ihm festgestellten spätglazialen aus der Umgebung des unweit von Noranco liegenden Muzzanersees.

Wahrscheinlich sind die Mergellager von Paradiso-Calprino zur gleichen Zeit entstanden wie diejenigen von Noranco. Diese scheinen aber schon länger bekannt gewesen zu sein als jene. 1890 wurden sie von K. Schmidt, 1891 von A. Baltzer und 1909 von A. Penck untersucht. K. Schmidt glaubt, die Mergel seien im Pliozän entstanden. A. Baltzer nimmt an, sie seien jünger und hält sie, nachdem Calloni zwischen den Mergeln und dem unterliegenden Glimmerschiefer Moräne beobachtet hatte, für interglazial. A. Penck vermutet, ihre Entstehung müsse in die Riss-Würm-Zwischeneiszeit verlegt werden. P. Beck (1935) erwähnt die Seeablagerungen von Noranco-Calprino ebenfalls. Er meint, diese und die unterliegende Moräne gehören zur Gruppe der Kandereiszeit, während er den überliegenden Gletscherschutt für würmeiszeitlich hält. Auf die Mergel wurde ich selber durch die Arbeiten „Die Entstehung des Luganersees" von H. Annaheim und „Die Waldgeschichte des südlichen Tessin seit dem Rückzuge der Gletscher" von W. Lüdi aufmerksam gemacht.

Im Herbst 1951 hatte ich erstmals Gelegenheit, die Gegend zu besuchen. Ich entnahm damals der Stichwand einer kleinen noch im Betrieb stehenden Grube eine Probenreihe, die ich pollenanalytisch untersuchte. Die Untersuchung ergab, dass zur Zeit der Mergelablagerungen im Gebiet ein Wald wuchs, in welchem die Tanne vorherrschte. Ich teilte das Ergebnis dem Direktor des Geobot. Forschungsinstitutes Rübel in Zürich, Herrn Dr. W. Lüdi, mit, der mich in der Folge veranlasste, die begonnene Arbeit weiter zu führen.

Im April 1953 besuchten Dr. Lüdi und ich das Gebiet gemeinsam, wobei wir uns einen genaueren Überblick über die geologischen Verhältnisse daselbst verschafften und verschiedenen Aufschlussstellen Mergel- und Sandproben entnahmen. Die Probenreihen wurden von Dr. Lüdi persönlich entnommen, und zwar entweder an bereits offenen Grubenwänden oder dann an eigens dazu geschaffenen Stichwänden. Dadurch wurde zum vornherein vermieden, dass Verunreinigungen der Proben entstehen konnten, wie sie bei den Probe-

entnahmen mit dem Torfbohrer unter Umständen vorkommen können. Die Angaben über die Stratigraphie der Ablagerungen stammen von W. Lüdi. Da wir bei unseren Nachgrabungen den Übergang vom Mergel zum kalkreichen Sand an beiden Orten, wo wir ihn vermuteten, nicht gefunden hatten, liess Dr. Lüdi zusammen mit Frl. Dr. M. von Rochow im Frühling 1955 daselbst nochmals graben und konnte ihn dann in den vertieften Aufschlüssen feststellen. Die gewonnenen Mergel- und Sandproben wurden mir nachher zur pollenanalytischen Untersuchung zugestellt. Die Vermessung des Geländes endlich wurde von W. Lüdi und mir gemeinsam durchgeführt[1].

Die Verhältnisse während der letzten Eiszeit

Zu Beginn der letzten Eiszeit zeigte die luganesische Landschaft bereits eine Gestaltung, die der gegenwärtigen weitgehend entsprach: Alle Haupttäler mit ihren Seitentälern, desgleichen der Übergang am Mt. Ceneri und der Sattel bei Porlezza waren angelegt. So rückte denn von Norden her eine erste Abzweigung des Tessingletschers über die Passlücke des Mt. Ceneri ins Vedeggio-Tal und durch dieses hinunter nach Süden vor, während sich eine zweite aus der Gegend von Luino quer dazu gegen Ponte Tresa hinüberbewegte, wo sich beide Gletscher vereinigten. Ein Teil dieses Tessineises floss über den Sattel von Marchirolo ins Val Cuvio ab; das übrige fand einen Weg durch das Seetal von Brusimpiano, wo es bei Morcote auf einen Seitenstrom des Addagletschers stiess. Dieser Seitenstrom zweigte bei Menaggio vom Hauptstrom des Addagletschers ab und drang über den Sattel bei Porlezza in die luganesische Landschaft ein. In der Gegend von Lugano schob er sich auf das weniger mächtige Eis des Tessingletschers und teilte sich nachher bei Melide gabelförmig. Der eine Teilgletscher folgte dem Tal von Capolago und erreichte den Alpenfuss in der Gegend von Mendrisio, von wo aus er sich fächerförmig ausbreitend in die Ebene von San Pietro und Genestrerio ergoss und seine äussersten Moränen absetzte. Der andere Teilgletscher, der sich bei Morcote mit dem aus dem Seetal von Brusimpiano herkommenden Eis des Tessingletschers vereinigte, floss durch das Tal von Porto Ceresio südwärts der Gegend von Brenno zu. Seine Endmoränen liegen südlich von Brenno ebenfalls fächrig ausgebreitet.

H. Annaheim unterscheidet hinter den äussersten Wallmoränen drei Stadien von Rückzugsmoränen, die er als Moränen des S. Pietro-, Cantone- und Melide-Stadiums bezeichnet, wobei er annimmt, dass die auf den Hügeln zwischen Lugano und dem Muzzanersee liegenden Moränen gegen das Ende des

[1] Die Höhenangaben beziehen sich alle auf den Pierre de Niton bei Genf = 373,6 m über Meer, gegenüber 376,86 m von früher.

Melide-Stadiums nach einer Schwankung, d. h. nach einem kurzen Rückzug und darauffolgendem, neuem weiterreichenden Vorstoss des Stadialgletschers abgesetzt wurden.

Darnach würden, mit den Gletscherständen im Limmattal verglichen, die äussersten Moränenwälle der luganesischen Vergletscherung dem äussersten Wall des Lindtgletschers bei Killwangen entsprechen, die Moränen des S. Pietro-Stadiums dem Stadium von Schlieren, das Cantone-Stadium dem Stadium von Zürich und das Melide-Stadium den Bühl-Moränen von Hurden-Rapperswil. So betrachtete vermutlich A. Penck die Lage, da er annimmt, die Moräne zwischen Melide und Bissone sei vom Bühlgletscher abgelagert worden. Annaheim hält die Melidemoräne für gleich alt wie die Moräne von Zürich = Zürich-Stadium.

Die Mergelablagerungen

Der heutige Spiegelstand des Luganersees zeigt im Mittel einen Pegel von 267 m ü.M.; aber eine im ganzen Gebiet des Sees feststellbare Kante von Ton- und Mergelablagerungen in der Höhe von 327 m ü.M. lässt vermuten, dass es früher einmal einen See mit einem Spiegelstand auf dieser Höhe gegeben habe. Ausser diesen finden sich ähnliche Absetzungen in tieferen Lagen bei 295 m oder sogar unter dem gegenwärtigen Seespiegel; es gibt aber auch solche, die bedeutend höher anstehen, weshalb A. Jeannet annimmt, es habe einmal einen Luganersee gegeben, dessen Wasserkante mehr als 100 m über der heutigen anstand. Nun ist es aber wahrscheinlich so, dass manche dieser Ablagerungen, auch wenn sie lakustrer Art sind, sich doch nicht im Zusammenhang mit einem auf die betreffende Höhe gestauten, regionalen See gebildet haben, sondern in örtlich begrenzten Wasserbecken, wie z. B. die 2 m mächtige Seekreideschicht in 400 m Höhe ü.M. am Mt. S. Salvatore oder die Tone von Canobbio, die bis zu 387 m hinaufreichen.

Es wird angenommen, die Mergel von Noranco, welche bis 326 m hinaufgehen, und die in unmittelbarer Nähe davon bei Calprino und Paradiso bis zur ungefähr gleichen Höhe anstehenden blauen „Tone" seien während der Zeit abgelagert worden, als der See auf 327 m Spiegelhöhe stand. Zu den Tonen von Noranco bemerkt E. Blumer: „Der Ton ist homogen und fällt mit 5–10° nach SW. Der blaue wird überlagert von 1–2 m gelbem Ton. Dieser ist aus dem ersten durch Zersetzung hervorgegangen. Während der blaue Ton nur wenig gekritztes Geschiebe enthält, tritt solches in der oberen, gelben Lage in grösserer Anzahl auf, ja, diese enthält ganze Schichten von eingeschwemmtem Sand und Kies. Die Lagerungsweise der Tone erklärt sich am besten durch die Annahme, das Tonmaterial habe sich am Schluss der Eis-

zeit in einem ruhigen Wasser abgesetzt. Während des Absatzes müsste auch die Ablagerung der gekritzten Geschiebe stattgefunden haben. Da aber die Kritzen so scharf sind, ist eine Verfrachtung der Geschiebe durch Wasser ausgeschlossen; es müssen im Gegenteil die gekritzten Geschiebe unmittelbar vom Gletscher abgelagert worden sein.“ In einer späteren Arbeit nimmt er

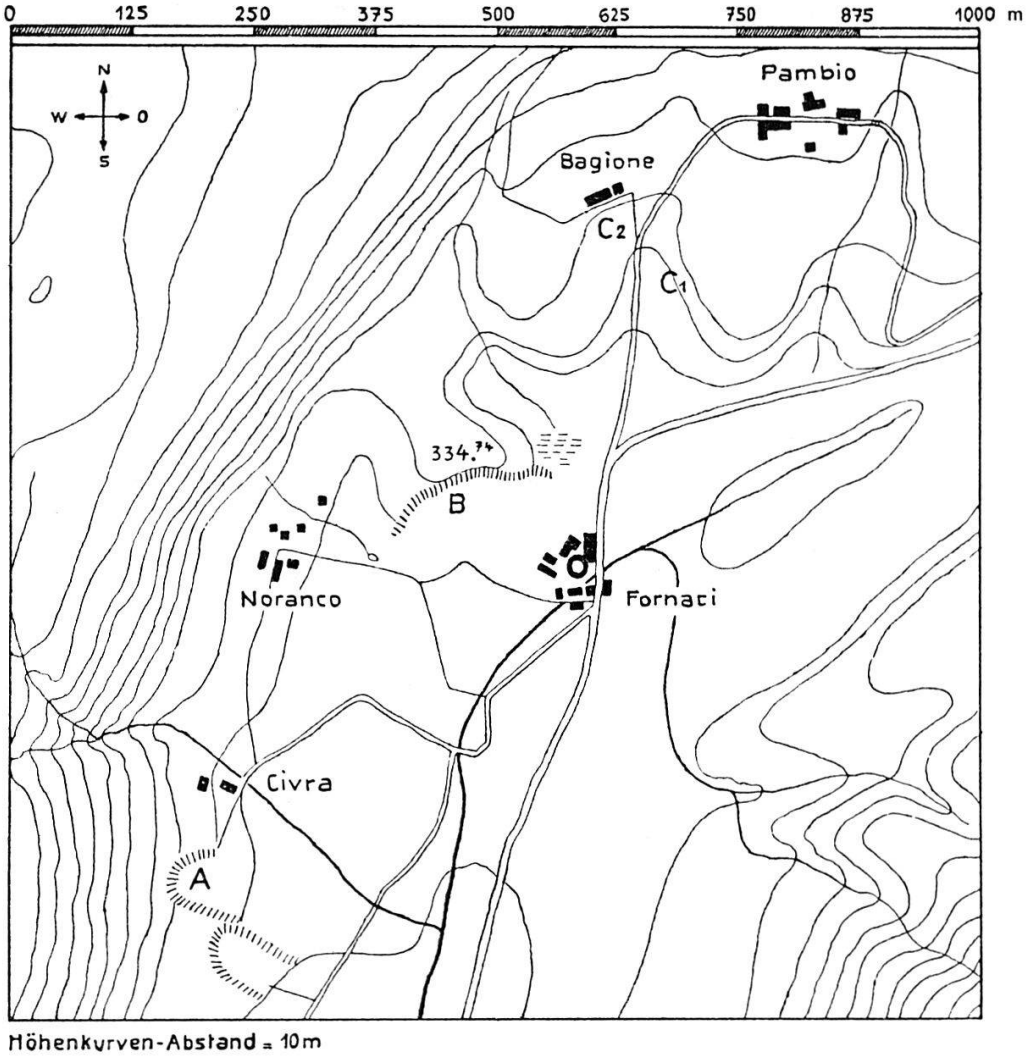

Abb. 1. Lageplan

wegen einiger Tonschichten, die er in ungefähr 374 m Höhe ü. M. bei Alla Valle über Paradiso gefunden hatte, an, der See sei bis zu dieser Höhe gestaut gewesen und der blaue „Ton“ müsse zwar wohl an einem Eisrand zur Ablagerung gelangt sein, aber nicht am Schlusse der letzten Eiszeit, sondern während einer Interglazialzeit. (Also vermutlich am Anfang der auf die betreffende Interglazialzeit folgenden neuen Eiszeit.)

H. Annaheim, der die geologische Lage bei Noranco (Abb. 1) zwischen Cirva und Pambio genau untersucht hat, zeigt in einem zeichnerisch dar-

gestellten Querschnitt die Ablagerungsverhältnisse in vier Aufschlüssen: A: bei Cirva, B: bei Fornaci, C_2: bei Bagione und C_1: zwischen Fornaci und Bagione. Bei A liegt auf den blauen „Tonen" eine ungefähr 7 m mächtige Lage von schräg geschichtetem Schotter und darüber Schwemmlehm. Bei B, C_1 und C_2 kann man das den „Tonen" unmittelbar Aufliegende nicht erkennen, da es unter Abbauschutt begraben ist. Bei C_1 steht zwar über dem Schutt schräg geschichteter Schotter an, und es mag sein, dass er dem „Ton" unmittelbar aufliegt; es ist aber doch nicht sicher. Auf dem Schotter liegen waagrecht geschichtete Sande, und darauf häuft sich Moräne. Bei Fornaci stehen auf dem Schutt, fast waagrecht abgesetzt, zuerst in Wechsellagerung feingeschichtete „Tone" und Sande an. Darin fanden sich zahlreiche verkohlte Pflanzenreste, einige gerollte Ast- und viele Rindenstücke. In den verfestigten rötlichen Sanden lagen Blätter, die aber meistens nicht mehr ganz erhalten waren. Über dieser 50 cm hohen Schicht liegt eine meterhohe Absetzung von grobem, rotem Quarzsand, der mit einem roten Bindemittel verfestigt ist. Darüber endlich findet sich wieder in Wechselschichtung eine Lage von grobem rotem und grauem Sand, die eine Mächtigkeit von 3 m besitzt und durch bewachsenen Boden abgedeckt wird.

Nordwestlich von Fornaci in der nächsten Nähe der Tonwarenfabrik liegt, eingetieft im ausgeebneten Abbauboden, eine grössere mit Grundwasser aufgefüllte Grube, und einige Meter darüber am steil gegen Südosten abfallenden vorderen bewaldeten Rand der alten gegen 100 m breiten Mergelgrube findet sich eine kleine Grube mit einer ungefähr 2,70 m hohen Stichwand. Hier wurden zunächst in fünf übereinanderliegenden Aufschlüssen Probenreihen entnommen (Abb. 2).

1. Aufschluss

20, 30 und 40 cm unter dem oberen Rand der mit Wasser gefüllten Grube wurden drei Proben entnommen. Die Mergel sind fein geschichtet. Die Zählung ergab im Durchschnitt auf 1 cm 18 wechsellagernde, helle und dunkle Schichtchen. Der obere Rand der Grube liegt 2,30 m unter dem Abbauboden der kleinen Mergelgrube des nächsten Aufschlusses.

2. Aufschluss

Dieser Aufschluss bildet eine 2,70 m hohe senkrechte Stichwand, die wir am Fuss durch einen Graben noch um 1 m verlängert hatten. Da wir mit der Entnahme der Proben ungefähr 35 cm unter der bewachsenen Oberfläche begannen, so erhielten wir ein Profil von 3,35 m. Sämtliche Proben wurden

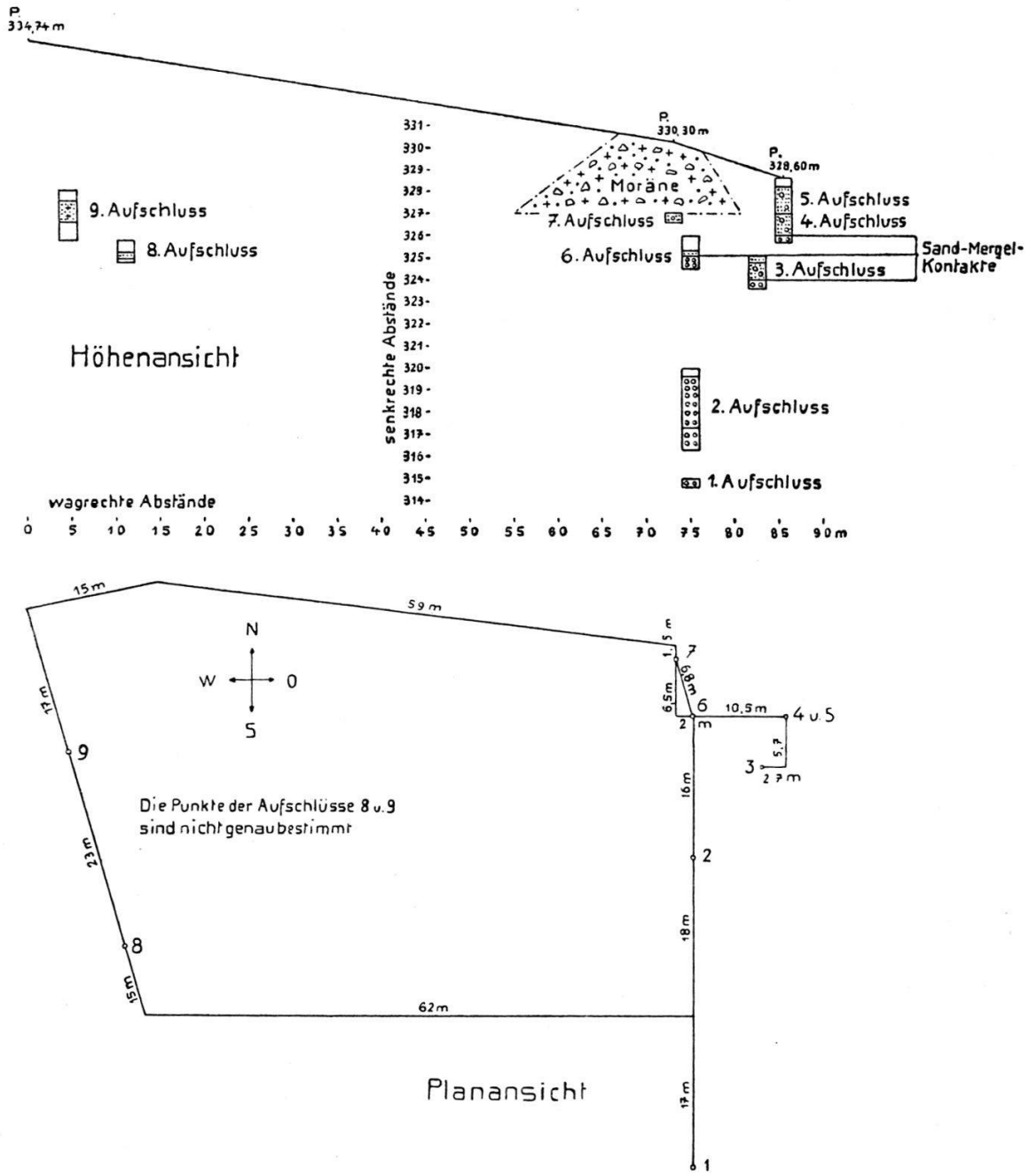

Abb. 2. Lagepläne der Aufschlüsse von Noranco

in Abständen von 5 cm entnommen. Der Mergel ist fein geschichtet und besteht aus regelmässig wechselnden, hellen und dunklen Lagen, die wahrscheinlich paarweise als Sommer- und Winterablagerungen zusammengehören[1]. Im oberen, 1,80 m mächtigen Abschnitt ist die Schichtung sehr deutlich, und die Schichten zerfallen z. B. durch eindringende Wurzeln leicht. Die normale Schichtdicke beträgt weniger als 1 mm. Wir haben im Durchschnitt für 1 cm 8 bis 9 Schichtenpaare gezählt. In der Regel setzt sich die

[1] Angaben über den unterschiedlichen Pollengehalt der beiden Lagen erfolgen später.

helle, sandige, breitere Schicht von der unterliegenden, dunkleren und schmäleren scharf ab, während sie in die überliegende dunkle Schicht unscharf, also allmählich übergeht. Hin und wieder unterbricht eine auffallend breitere, helle oder dunkle Schicht die normale Schichtenfolge. Von 1,80 m an abwärts finden sich keine eingedrungenen Wurzeln mehr. Der Mergel erscheint etwas fettig, und die Schichtung wird undeutlicher. Bei Mergelstücken, die mit einem scharfen Messer glatt entzweigeschnitten werden, lässt sich die Schnittfläche bei Behandlung mit Öl polieren, worauf die Schichten viel deutlicher sichtbar werden als auf einer unpolierten Fläche. Die vorerwähnten breiteren hellen oder dunklen Streifen, die zwischen den normalen Schichten liegen, erscheinen poliert ebenfalls geschichtet.

3. Aufschluss

Sandig, gegen die Oberfläche hin braunrot mit etwas Ortstein. Es wurden ungefähr 90–100 cm unter der Oberfläche im grauen, reinen Sand zwei Proben entnommen. Vermutlich handelt es sich um etwas abgerutschten Boden.

4. Aufschluss

Exposition SO. Dieser Aufschluss wurde von W. Lüdi und Frl. Dr. v. Rochow im Frühling 1955 blossgelegt, um den Kontakt des Mergels mit dem überliegenden Sand festzustellen, was denn auch gelang. Der Kontakt wird als 0-Horizont bezeichnet. Unterhalb desselben stehen die Mergel an. Darüber liegt Sand. Zwischen 0 cm und +10 cm findet sich im Sand eine tonige Zwischenschicht. Der Sand ist mergelig. Es wurden im ganzen 5 Mergel- und 6 Sandproben entnommen.

5. Aufschluss

Dieser bildet die unmittelbare obere Fortsetzung des 4. Aufschlusses. Oberfläche ungefähr 1,70 m tiefer als die Oberfläche der Moräne bei P. 330,3. Sandige Lager, die, wohl nur örtlich bedingt, ungefähr 25° gegen SO fallen. Das Einfallen bis in 1,20 m Tiefe lässt sich leicht an rötlichen Verwitterungslinien feststellen. Von da an bis zu 1,60 m Tiefe ist der Sand gleichmässig grau-braun und etwas mergeliger als oben. Beginn der Probenreihe ungefähr 40 cm unter der Oberfläche. Es wurden in Abständen von je 10 cm 13 Proben entnommen.

6. Aufschluss

Übergang vom Mergel zum Sand. Dieser Aufschluss wurde ebenfalls im Frühling 1955 erschlossen. Der Kontakt wird wieder als 0-Horizont bezeich-

net. Unterhalb desselben stehen gelbliche Mergel an. Unmittelbar darüber liegt gelber, kalkreicher Sand, der nach oben rasch in kiesigen Sand und Kies übergeht. Es wurden 5 Mergel- und 2 Sandproben ausgehoben.

7. Aufschluss

Oberster Aufschluss unter P. 330,3 und ungefähr 1 m über dem 6. Aufschluss. Exposition S. Übergang des Sandes in die Moräne. Den Übergang bildet ein Podsolboden mit mehr oder weniger stark verfestigtem, gelbem bis rotem Sand als B-Horizont. Der A-Horizont fehlt oder ist nur lückenhaft ausgebildet. Darunter liegen reine, rotbraune, kalkhaltige Sande. Es wurden im ganzen 10 Proben entnommen.

Den Boden im westlichen Grubenteil bilden zwei übereinanderliegende Terrassen. Die untere Terrasse ist mit Schilf bewachsen. Die obere liegt 2,30 m höher und reicht bis zu der ungefähr 7 m hohen Abbauwand. Der Fuss dieser Wand besteht aus Abbau- und Verwitterungsschutt. Über diesem Schutt wird ungefähr 0,50 m hoch rostroter Grus sichtbar, in welchem kleine Steinchen eingeschlossen liegen, und darüber lagern in waagrechter Schichtung, z. T. ebenfalls mit kleinen Steinchen vermischt, Grus und Sand. Die Schichten bestehen aus zahlreichen rostroten, bald dünnen und bald breiteren Bändern, von welchen die breiteren weniger als 0,50 cm messen. Die dünnen Streifen liegen oft zu mehreren übereinander. Den Abschluss oben bildet eine 1,50 m hohe Lage von auffallend stark verfestigtem Schutt mit Bruchstücken von Ziegeln. Wahrscheinlich gab es hier einmal eine kleine Mulde, die schon in früheren Jahrhunderten mit Abraum ausgefüllt und ausgeebnet wurde.

8. Aufschluss

In einem metertiefen Wasserloch der unteren Terrasse wurde eine Wand nachgestochen, an der wir zwischen 50 cm und 80 cm Tiefe 6 Proben entnahmen. Sie bestehen aus schwärzlichen, sandigen Lehmen mit Sandzwischenschichten, die z.T. rezente Pflanzenreste enthalten.

9. Aufschluss

Er befindet sich im 2,30 m hohen Absatz zwischen der unteren und der oberen Terrasse. Mit der Probeentnahme begannen wir 0,50 m unter dem oberen Terrassenrand und entnahmen in 10 cm-Abständen 10 Proben. Stratigraphie von oben nach unten: 0–10 cm: gleichmässig lehmig; 10–40 cm: schwärzlicher Lehm und gelbroter Sand; 40–50 cm: Sand, rotgelb mit etwas Steinen, nass; 50–100 cm: schwärzlicher Lehm mit dünnen Sandzwischenschichten, oben z. T. noch etwas rostfarben, unten meistens ganz schwärzlich

mit viel Schilfrhizomen. Auf den Sandflächen finden sich manchmal kohlige Abdrücke. Wahrscheinlich handelt es sich um die gleichen Sande, in welchen H. Annaheim seinerzeit verkohlte Pflanzenreste gefunden hat.

Um die Korngrössen-Zusammensetzung der Mergel und Sande von Noranco kennenzulernen, liess W. Lüdi im Geobot. Institut Rübel nach der Pipettmethode Korngrössenbestimmungen vornehmen. Leider enthielten nicht alle Proben des 4. Aufschlusses genügend Material für eine durchgehende Bestimmung, da uns davon ein Teil für die pollenanalytische Untersuchung abgegeben worden war. Immerhin ergibt sich aus den Bestimmungen folgendes:

	Grobsand 2–0,2 mm %	Feinsand –0,02 mm %	Schluff –0,002 mm %	Kolloidton 0,002 mm %
100 cm über dem Kontakt	9	81	7,5	2,5
60 cm über dem Kontakt	1	79	15	5
20–25 cm über dem Kontakt	1	81	13	5
20–25 cm unter dem Kontakt....	0,3	69,7	22,5	7,5

Der Feinsand bildet die Hauptmasse sowohl der losen Sande als auch der locker gebundenen Mergel; sein Anteil ist in den Mergeln aber geringer als in den Sanden. Der Grobsand fehlt den Mergeln fast ganz, nimmt aber in den Sanden nach oben zu. Umgekehrt nehmen der Schluff oder Staub und der Kolloidton von unten nach oben ab. Der Schluff in den Mergeln macht indessen nicht einmal einen Viertel der Masse aus, und der Gehalt an Kolloidton beträgt nur 7,5%. Dazu bemerkt Lüdi: „Es handelt sich also bei den Mergeln = Bändertonen nicht um einen richtigen Ton und kaum um eine von Gletscherbächen abgesetzte Wassertrübe. Die Ablagerung ist kein Ton, nicht einmal ein Lehm, sondern ein staubiger Feinsand mit wenig Ton.“ Darauf ist zu entgegnen: Es ist doch eigentlich merkwürdig, weshalb in Böden, wie denen der obersten Mergel, in welchen nachgewiesenermassen vielerorts gekritzte und geschliffene Geschiebe liegen, sowie der Sande unter P. 328,5, die ganz in der Nähe von Moräne anstehen, so wenig Ton enthalten ist, dass dieser als nicht von einem Gletscher stammend betrachtet werden kann. J. Weber schreibt: „Der Ton kommt im Scairolotal in zwei Hauptarten, als gelber und blauer, vor. Der gelbe Ton liegt unmittelbar unter der 1–2 m dicken Alluvialschicht. Vielfach ist er deutlich geschichtet; stellenweise wird er stark sandig und geht in gelbe, tonige Sande über. Nester mit gekritzten Geröllen sind nicht selten. Eine gute Probe des fetten, gelben Lehmes von der Westseite des Tales bei Noranco enthielt im wasserfreien Zustand 20,5% Tonsubstanz. Unter dem gelben Ton breitet sich der mächtigere blaue Ton über die ganze Talfläche aus. Er enthält weniger Glazialgeschiebe, aber oft so viele feine Glimmerschuppen, dass seine Beschaffenheit mager wird. Eine

Probe vom blauen Ton bestand im wasserfreien Zustand aus 17,1% Tonsubstanz. Eine Probe vom grünlichblauen Ton, einer Ausbeutungsstelle bei Figino entnommen, enthielt 25% Tonsubstanz." Wahrscheinlich handelt es sich dabei nicht um reinen Kolloidton, das ist aber hier nicht wesentlich, wesentlich ist vielmehr, dass der Tongehalt des gelben, fetten Lehmes, der doch vermutlich unmittelbar aus Moränen stammt und von Gletscherbächen herrühren dürfte, um 1% kleiner ist als der mittlere Tongehalt der blauen Mergel. Uns scheint, dass der Grund des geringen Kolloidtongehaltes der Ablagerungen im Mangel an tonerdehaltigen Silikaten des Moränengesteins zu suchen sei. Die feldspatreichen Urgesteine fehlen, das geht z. B. aus Beobachtungen hervor, die H. Annaheim an den verschiedenen Aufschlüssen in der Umgebung der Mergelgruben gemacht hat. Er schreibt: „Überall herrschen die Kalkgerölle vor, besonders die Liaskalke, während die kristallinen Gesteine, Gneise und Glimmerschiefer stark zurücktreten". Dabei wäre noch zu bemerken, dass die Glimmerschiefer kaum Feldspate enthalten.

Für die Aufbereitung der blauen Mergel wurde durchwegs etwa 1 cm^3 Material verwendet, ebenso für die lehmigen Sande aus dem westlichen Grubenteil. Die Mergel wurden zuerst mit Salz-, dann mit Flusssäure behandelt und der verbliebene Rest mit den Pollen noch in 10%iger Kalilauge aufgekocht. Die mergeligen Sande wurden vorgängig der Behandlung mit Salzsäure mit 10%iger Kalilauge aufgekocht und dann ausgewaschen. Die Präparate der lehmigen Sande des 7. und 8. Aufschlusses sowie diejenigen der Mergel des 1. und 2. Aufschlusses enthielten bis 500 und mehr Baumpollen. Anders diejenigen des 4. Aufschlusses vom Horizont –5 cm aufwärts und des ganzen 6. Aufschlusses: Obschon wir für die Herstellung dieser Präparate 20–30 cm^3 Material verwendeten, liessen sich daraus nur 90, 50 oder sogar bloss 20 Baumpollen auszählen. Noch weniger Pollen ergaben die Präparate der überliegenden Sande des 5. und 7. Aufschlusses, nämlich meistens weniger als 20. Demnach nimmt der Pollengehalt von den obersten Mergeln bis zu den überliegenden obersten Sanden andauernd und rasch ab.

Wir untersuchten von der obersten Mergelprobe und 4 weiteren Proben des überliegenden Sandes des 4. Aufschlusses die Dichte des Schichtengefüges und fanden in 1 cm mächtigen Stückchen derselben je 9 bis 10 Schichtenpaare. Die frischen Schnittflächen der Proben zeigten allerdings zunächst entweder gar keine oder dann nur eine ganz undeutliche Schichtung. Erst nach kräftigem Wegblasen des anhaftenden Staubes und Sandes traten aus ihnen die tonigen Winterschichten als feine Rippen hervor, während die dazwischenliegenden breiteren, sandigen Sommerlagen ausgehöhlt erschienen. Da die jährliche Äufnung dieser Ablagerungen also jedenfalls nicht grösser war als diejenigen der Mergel des 1. und 2. Aufschlusses, muss angenommen werden, die Abnahme des Pollengehaltes in den obersten Mergeln vor dem Kontakt und in den darüberliegenden Sanden sei nicht auf eine entsprechende jährliche Zunahme des Sandgehaltes bzw. auf mächtigere jährliche mineralische Absetzungen zurückzuführen, sondern auf eine fortschreitende Abnahme der Menge des eingestreuten Pollens. Man könnte einwenden, die geringe Pollenmenge rühre vielleicht auch davon her, dass der Pollen im Sand oft nicht sehr gut erhalten bleibt. Dagegen spricht aber der Umstand, dass der Blütenstaub in den gröber geschichteten, z. T. Steine enthaltenden sandigen Lehmen des 8. und 9. Aufschlusses im westlichen Teil der Grube nicht weniger dicht eingelagert liegt als in den Mergeln, was deutlich aus den betreffenden Diagrammen hervorgeht, wo die Anzahl der ausgezählten Pollen stets mindestens 100 beträgt. Die geringe

Blütenstaubmenge in den Sanden kann daher kaum davon herrühren, dass sich der eingelagerte Pollen schlecht erhalten habe bzw. nachträglich zum grössten Teil zerstört worden sei, sondern muss eine andere Ursache haben. Wir glauben, sie müsse im Rückgang eines vorher vermutlich recht ausgedehnten Waldes, namentlich eines kräftig entwickelten regionalen Tannenbestandes, gesucht werden. Leider zeigten die Proben des 5. und 6. Aufschlusses ein so stark verbogenes und zerpresstes Gefüge, dass eine Zählung der Schichten nicht möglich war. Die Ablagerungsverhältnisse waren aber am Ort dieser Aufschlüsse wohl kaum andere als in der Gegend des 4. Aufschlusses.

Zur Erstellung der Diagramme wurden, soweit es möglich war, je 100–150 Pollen ausgezählt und die Ergebnisse als Baum- (BP) und Nichtbaumpollen (NBP) getrennt, den Diagrammen hinten in zwei Kolonnen beigefügt. In den Präparaten der kalkreichen Sande, in welchen sich nur wenige Pollen befanden, zählten wir auch alle grösseren Pollenbruchstücke mit, die wir einwandfrei bestimmen konnten. Es handelte sich dabei hauptsächlich um Bruchstücke von Tannenpollen, und es ist daher zu vermuten, dass in den betreffenden Diagrammen die Tanne dort, wo ihre Kurve die Föhrenlinie unterbricht, jeweilen überzählt.

Bei der Analyse der Probenreihe des 2. Aufschlusses nahmen wir an Föhren-, Erlen- und Birkenpollen Messungen vor. Es wurden im ganzen 200 Föhren-, 35 Erlen- und 15 Birkenpollen gemessen. Beim Föhrenblütenstaub fanden sich 49% Pollen von 58–66 Mikron Durchmesser, 6% Pollen von 69–72 Mikron, 43% Pollen von 75–81 Mikron und 2% solcher von 90–96 Mikron Durchmesser. Es dürften also ungefähr 49% der Pollen von der Waldföhre *(Pinus silvestris)*, 49% von der Bergföhre *(Pinus montana)* und 2% von der Arve *(Pinus cembra)* herrühren. Der Durchmesser der meisten Erlenpollen schwankte zwischen 24 und 27 Mikron, derjenige der Birkenpollen zwischen 21, 24 und 27 Mikron, was vermuten lässt, dass der Erlen- und Birkenpollen von baumförmigen Erlen- und Birkenarten eingestreut wurde. Der Eichenpollen konnte durch Vergleich mit in Kalilauge aufbereiteten Eichenblütenstaub soweit bestimmt werden, dass wir sagen können, er stamme wahrscheinlich zur Hauptsache von der Steineiche *(Quercus sessiliflora-petraea)*. Vereinzelt fanden sich auch Blütenstaubkörner der Linde *(Tilia sp.)*, der Ulme *(Ulmus sp.)*, der Hainbuche *(Carpinus betulus)*, eines Ahorns *(Acer sp.)*, der Hopfenbuche *(Ostrya carpinifolia)* und der Kastanie *(Castanea sativa)*. In den Mergelpräparaten war der Buchen- und Weidenpollen *(Fagus silvatica* und *Salix sp.)* verhältnismässig seltener als in denjenigen der mergeligen Sande. Auffallend spärlich war stets der Blütenstaub der Hasel *(Corylus avellana)* vertreten, während derjenige des Buchses *(Buxus sempervirens)* sich in den Mergeln und lehmigen Sanden des westlichen Grubenabschnittes immer wieder nachweisen liess, und zwar in den Sanden häufiger als in den Mergeln. Einige Male konnten auch Ericaceenpollen von 26–30 Mikron Durchmesser festgestellt werden und ein einziges Mal im Horizont –5 cm des 4. Aufschlusses ein solcher von 57–60 Mikron, der möglicherweise von der pontischen Alpenrose *(Rhododendron ponticum)*

stammen könnte. Ein präparierter, rezenter Pollen dieser Art wies einen Durchmesser von 50 Mikron und eine Wanddicke von 4 Mikron auf[1]. Die Wandstärke des fossilen Pollens mass etwas weniger. An Sporen fanden sich vereinzelt solche des Wurmfarnes *(Dryopteris filix mas)*, des Tüpfelfarns *(Polypodium vulgare)* und des Waldbärlapps *(Lycopodium annotinum)*.

Die in den Mergeln und geschichteten sandigen Lehmen von Noranco liegenden Pflanzenreste waren, wie wir bereits erwähnten, schon seit langem bekannt. 1915 beobachtete J. Weber, nachdem H. Brockmann-Jerosch die ganze Grube vergeblich mehrere Male abgesucht hatte, an einer Stelle in den blauen Mergeln Stammstücke, Äste, Zweige sowie plattgedrückte Nadelholzzapfen. Später fand H. Brockmann in den Sanden eine Menge von Fruchtzäpfchen der Grauerle, Samenschalen der Hainbuche, Fruchtbecher der Eiche, Haselnüsse, Knospen der Weide, Zapfen der Fichte, Nadeln der Tanne und der Föhre sowie in Menge Blätter des Buchsbaumes. Er fand auch Blätter sowie Brakteen (Deckblätter der Blütensprosse) einer Alpenrosenart, die er als pontische Alpenrose *(Rhododendron ponticum)* wegen der auffallenden Kleinheit der betreffenden Blätter nicht als sicher bestimmte, sondern bloss vermutete.

H. Brockmann-Jerosch und H. Schinz haben gemeinsam folgende, sowohl in Noranco als auch in Calprino in Mergeln gefundene Pflanzenarten bestimmt: Fichte *(Picea excelsa)*, Tanne *(Abies alba)*, Eiche *(Quercus sp.)*, Ahorn *(Acer sp.)*, Hainbuche *(Carpinus betulus)*, Grauerle *(Alnus incana)*, Schwarzerle *(Alnus glutinosa)*, Haselnuss *(Corylus avellana)*, pontische Alpenrose *(Rhododendron ponticum)* und Buchsbaum *(Buxus sempervirens)*.

Dazu äussert sich Brockmann-Jerosch wie folgt: „Damit wäre gezeigt, dass die Tone von Noranco-Calprino aus einem Gletscherbecken stammen, dessen eine Wand die Berghalde, dessen andere der Gletscher selber bildete. Dieser war ein Lappen des Addagletschers und brachte das Ton- und Sandmaterial mit. Die Pflanzen wuchsen auf dem Festland unmittelbar daneben." H. Annaheim äussert sich darüber bestimmter und stellt fest: „Die Vegetation von Noranco ist keinesfalls interglazial, mögen darin auch Pflanzen vorkommen, die gewöhnlich als typisch für Interglazialzeiten betrachtet werden; sie entstammt der Zeit des Rückzugs der letzten Vergletscherung, ist stadial-glazial und erwuchs in unmittelbarer Nähe des Eisrandes des stadialen Gletschers von Lugano-Melide." W. Lüdi bestreitet auf Grund seiner Untersuchungen die Richtigkeit dieser Annahme, indem er dazu bemerkt: „Betrachten wir das Problem der Noranco-Paradiso-Pflanzen von der Seite un-

[1] Der Pollen stammte aus einer Blütenstaubpräparaten-Sammlung von Frl. Dr. v. Rochow.

serer waldgeschichtlichen Studien, so kommen wir zu einem klaren und sicheren Schluss. Alle unsere Bohrungen endigen in blauen Tonen oder Mergeln von grosser, meist unbestimmter Mächtigkeit. Diese lassen mit Sicherheit auf einen ganz schwachen Pflanzenwuchs der Umgebung schliessen. Die Pollendiagramme ihrerseits lassen erkennen, dass in dieser Zeit in der Umgebung von Lugano kein richtiger Wald geherrscht haben kann. H. ANNAHEIM meint, durch den letzten Vorstoss in der Gegend von Lugano sei die wärmeliebende Vegetation vernichtet worden. Weder unsere stratigraphischen Bohrprofile noch unsere Pollendiagramme geben Anhaltspunkte zu so schweren Umwälzungen im Vegetationsbild."

Unsere Pollendiagramme und ihre Deutung

Leider besitzen wir kein Diagramm, das uns von der Zeit der ersten Mergelablagerungen auf den Moränenuntergrund oder das kristallinische Grundgebirge bis zu der Zeit, da sich die Moränen oben auf den Sanden absetzten, die ganze Vegetationsentwicklung erschlösse. Wir müssen uns mit einigen Ausschnitten derselben begnügen. Da sind zunächst die beiden Diagramme Noranco I und II des 1. und 2. Mergelaufschlusses (Abb. 3, 4 und 5). Das erste besteht nur aus 3 Horizonten. Diese stimmen ganz mit den untersten Horizonten des Diagrammes II überein. Nun müssen wir aber bedenken, dass zwischen dem 1. und 2. Aufschluss ungefähr 1,30 m unerschlossene Mergel liegen. Es ist also möglich, dass die Tanne *(Abies alba)* während der ganzen Zeit der Ablagerung dieser Mergel vorherrschte. Es könnte aber auch sein, dass wenigstens vorübergehend irgendeine andere Baumart stärker in Erscheinung getreten wäre.

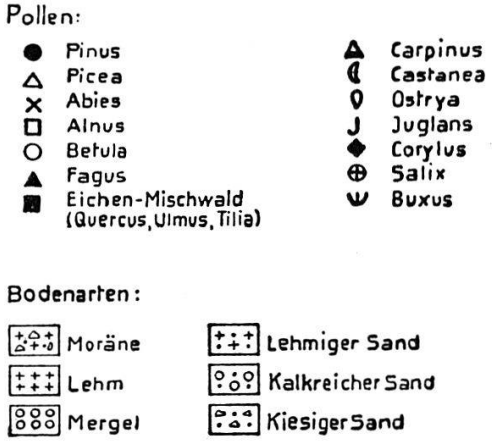

Abb. 3. Zeichen-Erklärung

Im Diagramm II bilden die Tanne, die Föhre *(Pinus sp.)*, die Fichte *(Picea excelsa)*, die Eiche *(Quercus sessiliflora)* und die Erle *(Alnus sp.)* durchgehende Kurven. Andere Baumarten treten nur gelegentlich auf. Die Vorherrschaft der Tanne ist unbestritten. Die Föhre ist subdominant. Das leichte Zurückgehen der Tannenkurve und das darauf ant-

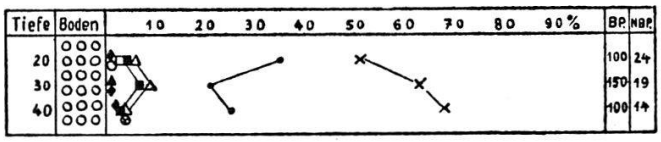

Abb. 4. Diagramm Noranco I

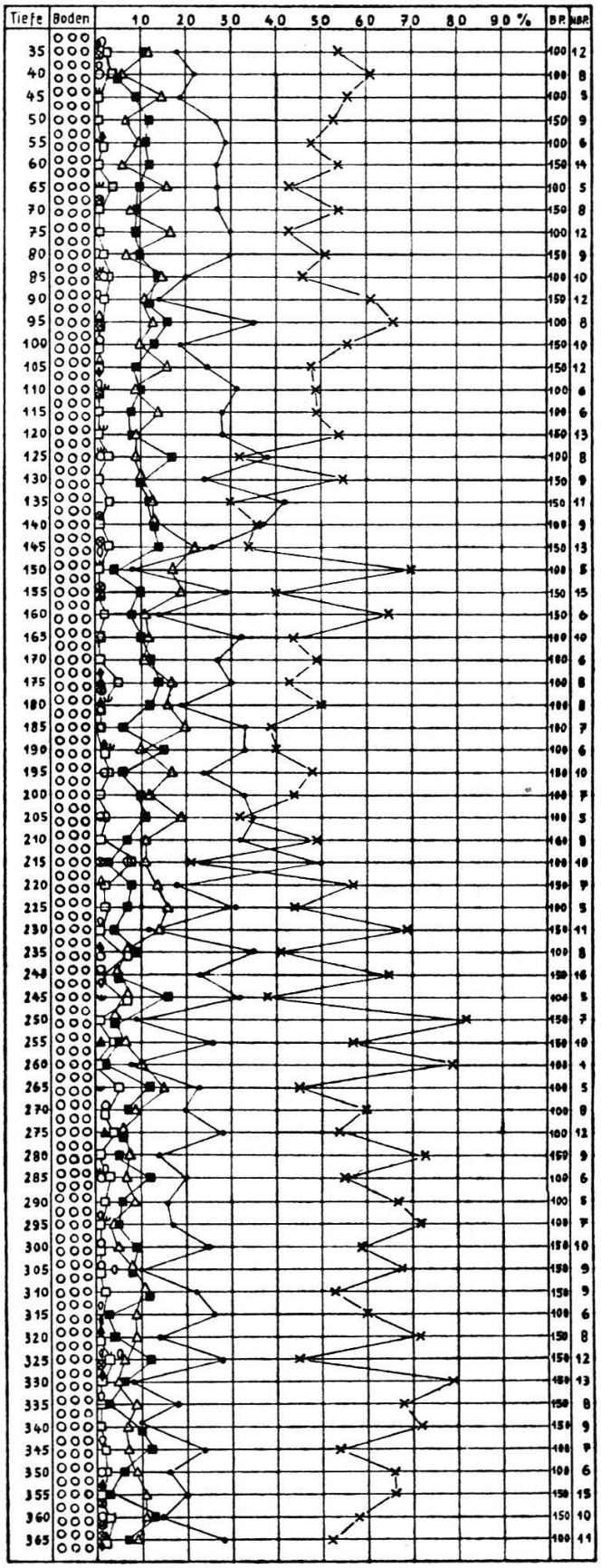

Abb. 5. Diagramm Noranco II

wortende leichte Ansteigen der Fichten- und Föhrenkurven im mittleren Abschnitt des Diagrammes zeigen vielleicht eine vorübergehende kleine Schwankung des Klimas in dem Sinne an, dass es damals etwas trockener und vielleicht auch etwas wärmer war als vorher und nachher.

Man muss also annehmen, dass es im Gebiet während der Zeit, da die Mergel des 2. Aufschlusses abgelagert wurden, ausgedehnte Tannenwälder gegeben habe. Wo sie lagen und wie hoch sie an den Hängen der umliegenden Berge anstiegen, wissen wir nicht; es ist aber sicher anzunehmen, dass in ihren oberen Stufen Fichten und vielleicht auch Bergföhren eingemischt waren oder sogar eigene Bestände bildeten[1]. Bei unseren Untersuchungen im Gebiet des Pilatus stellten wir seinerzeit fest, dass die Bergföhre während der Tannenzeit am stärksten in Erscheinung trat. Es wäre also wohl möglich, dass ein Klima, das der Tanne in Noranco besonders zusagte, auch der Ausbreitung der Bergföhre günstig war. Neben dem Tannen-Bergföhren-Fichtennadelwald muss aber auch noch ein Laubwald, ein wärmeliebender Steineichenwald mit eingestreuten Waldföhren, Linden, Ulmen, Rotbuchen, Hain- und Hopfenbuchen, Kastanienbäumen sowie mit Haseln, Buchs und pontischen Alpenrosen im Unterholz bestanden haben. Birken und Erlen endlich mögen mit verschiedenen Weiden zusammen an Bächen oder aber auch am Gestade des Sees gewachsen sein.

Betrachten wir darnach die beiden Diagramme Noranco IV vom 4. Aufschluss mit dem Übergang vom Mergel zum kalkreichen Sand und Noranco V vom unmittelbar darüberliegenden 5. Aufschluss im kalkreichen Sand (Abb. 6). Im ersten Diagramm herrscht zwar die Tanne stark vor, allein ihre Kurve fällt von 82 bzw. 70 Prozentanteilen oben rasch ab und verläuft nachher im anschliessenden Diagramm V grösstenteils zwischen 10 und 30 Anteilen. Ihre Gegenläuferin ist die Föhre. Deren Kurve hält sich im Diagramm IV, zwei grössere Ausschläge ausgenommen, an die 10%-Linie. Im Diagramm V steigt sie nach dem Abfall der Tanne rasch an und wird dominant. Die Fichtenlinie erreicht im Horizont 150 cm des Diagrammes IV mit 43 Anteilen einen beachtenswerten Gipfel. Der Eichenmischwald *(Quercus, Ulmus, Tilia)* und die Erle bilden bloss im Diagramm IV zusammenhängende Kurven, im Diagramm V dagegen wird ihr Blütenstaub nur noch vereinzelt vermerkt. Umgekehrt finden sich Pollenanteile der Buche *(Fagus silvatica)* und der Birke *(Betula sp.)* im Diagramm IV nur drei- bzw. viermal, während später im Diagramm V beide Arten vom Horizont 80 cm an geschlossene Kurven besitzen. Zweimal konnte unter der Herrschaft der Föhre der Pollen der Wal-

[1] Die Messungen hatten ergeben, dass der Pollenanteil der Bergföhre an der Gesamtmenge der untersuchten Föhrenpollen ungefähr 49% beträgt.

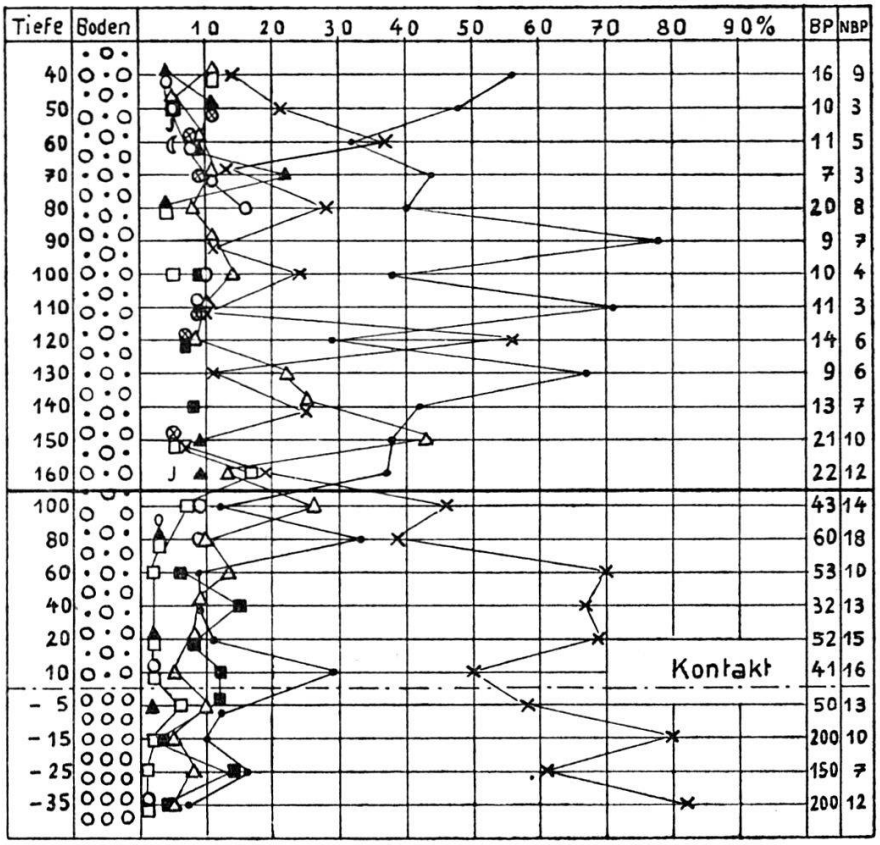

Abb. 6. Diagramm Noranco IV und V

nuss *(Juglans regia)* und einmal derjenige der Kastanie *(Castanea sativa)* festgestellt werden.

Im Diagramm VI vom 6. Aufschluss mit dem zweiten Übergang vom Mergel zum kalkreichen Sand (Abb. 7) stellen wir zuerst wieder eine starke Dominanz der Tanne fest. Im Mergelhorizont –20 cm besitzt sie 75 Anteilprozente. Von da geht sie auf 56 Anteile zurück und fällt nach dem Überschreiten der Mergel-Sand-Kontakt-Linie bis auf 8 Anteile ab. Die Föhrenkurve bewegt sich vom Horizont –20 cm an rasch ansteigend. Jenseits der Kontaktlinie überschreitet sie die Tannenkurve und erreicht im letzten Horizont 68 Anteile. Auch die Fichtenkurve steigt von unten nach oben an, aber

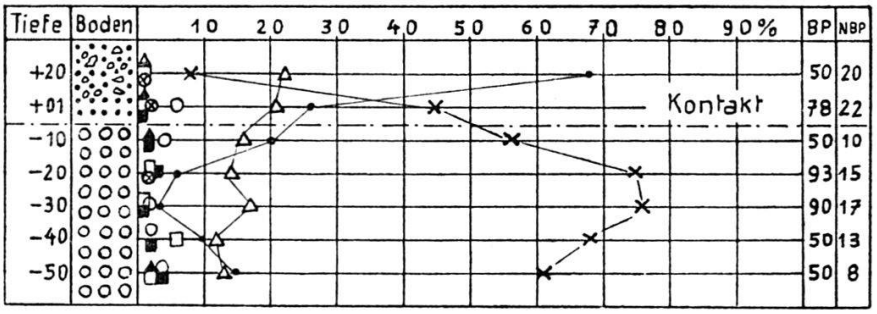

Abb. 7. Diagramm Noranco VI

nur wenig. Der Eichenmischwald, die Erle und die Birke, halten sich meistens unter der 10%-Linie.

Das Diagramm Noranco VII vom 7. Aufschluss (Abb. 8) zeigt die Vegetationsverhältnisse während der Zeit des Überganges der Sandabsetzungen in die Moräne. In den 10 Horizonten überschreitet die Tanne nicht weniger als viermal die Kurve der Föhre, trotzdem behält diese die Vorherrschaft inne, was besonders deutlich wird, wenn wir die Pollenanteile von je zwei Horizonten zu einem einzigen zusammenfassen (320 cm + 325 cm usw.), indem es dann stets zu einer Föhrendominanz kommt. Die Fichte und die Buche bilden ebenfalls zusammenhängende Kurven, während der Pollen des Eichenmischwaldes und der Erle nur vereinzelt nachgewiesen sind.

Das Diagramm III (Abb. 9) zeigt uns zwei Horizonte aus dem 3. Sandaufschluss im abgerutschten Boden und bestätigt die Vorherrschaft der Föhre zur Zeit der Ablagerung der mergeligen Sande.

In den Diagrammen Noranco VIII und IX vom 8. und 9. Aufschluss im hinteren, westlichen Teil der Grube (Abb. 10 und 11) besitzt die Tanne mit bis 80 Anteilprozenten eine ausgeprägte Vorherrschaft. Die Föhre ist subdominant. Der Eichenmischwald, die Fichte und die Erle bleiben fast durchgehend unter der 10%-Linie.

Wir haben bereits auf die Abnahme der Pollenhäufigkeit gegen das Ende der Mergelablagerungen hin aufmerksam gemacht und dabei die Vermutung ausgesprochen, sie könnte mit dem Rückgang eines grösseren regionalen Waldes, der bis zu diesem Zeitpunkt bestand, zusammenhängen. Die Pollen-

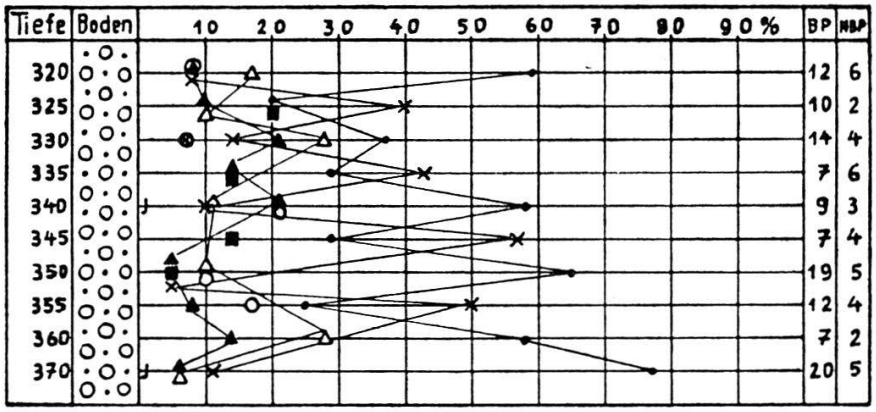

Abb. 8. Diagramm Noranco VII

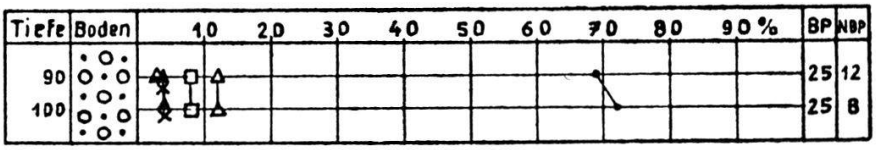

Abb. 9. Diagramm Noranco III

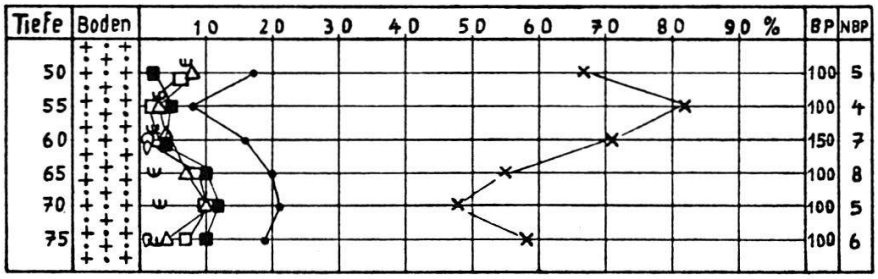

Abb. 10. Diagramm Noranco VIII

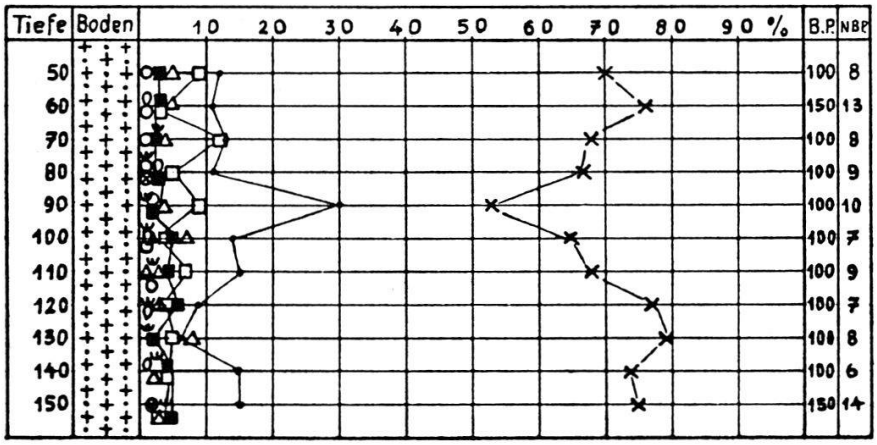

Abb. 11. Diagramm Noranco IX

diagramme vom Übergang aus den Mergeln zu den kalkreichen Sanden bestätigen diese Vermutung: Die Tannenkurve fällt vom Schluss der Mergelabsetzungen an rasch ab, und die Eichenmischwaldlinie löst sich auf, d. h. der „luganesische" Eichen-Tannen-Mischwald geht zu Ende. Im verbliebenen Wald, welcher auf den luganesischen Eichen-Tannen-Mischwald folgt, herrscht die Föhre vor, während die wärmeliebenden Baumarten zurücktreten. Ein Vegetationswechsel? Wohl! Aber wie erklärt man ihn? Offenbar so, dass man annimmt, er sei durch einen Klimaumschlag hervorgerufen worden. Eichen-Tannen-Wälder mit pontischer Alpenrose im Unterholz weisen auf ein niederschlagsreiches, ozeanisches Klima hin, während ein Wald mit vorherrschender Föhre eher auf ein solches von kontinentalem Gepräge schliessen lässt.

Das Diagramm des Mergel-Sand-Kontaktes des 6. Aufschlusses (Abb. 8) aus dem östlichen Grubenteil lässt erkennen, dass die Bildung von gebänderten Mergeln im Grubengebiet stellenweise bis zum Schluss des Eichen-Tannen-Mischwaldes anhielt; anderseits zeigen die Diagramme des 8. und 9. Aufschlusses in den sandigen Lehmen des westlichen Grubenabschnittes (Abb. 10 und 11), dass Sandeinlagerungen z. T. schon zur Zeit erfolgten, als sich dieser Wald noch in der Vollentwicklung befand. Daraus geht hervor,

dass der Mergel-Sand-Wechsel nicht mit dem Vegetationswechsel zusammenfiel.

Die allmähliche Zunahme des Grobsandes nach oben, besonders aber die sich unmittelbar über den Mergeln fortsetzende feine Bänderung der Sande, wie wir im 4. Aufschluss feststellten, sind Merkmale, die beweisen, dass zwischen den Mergelablagerungen und den darauf folgenden Sandaufschüttungen kein Ablagerungsunterbruch stattgefunden hat, dass die Absetzungen vielmehr in andauernder Folge vor sich gingen, und zwar bei P. 328,60 bis zum obersten Grubenrand hinauf.

Wir wissen, dass in den obersten Schichten der Mergel Sande und Kiese mit gekritzten Geschieben eingelagert sind und auf ihnen Schotterbänke und bei Calprino am Mt. S. Salvatore sogar Moränen liegen. Wir wissen ferner, dass auf den Schottern und geschichteten Sanden bei Fornaci und unter Bagione ebenfalls Moränen lagern. Dies sagt uns, dass zur Zeit der Ablagerung der obersten Mergel mit den gekritzten Geschieben und der darauf ausgebreiteten geschichteten Sande ein Gletscher heranrückte, Sande und Schotter vorausschickte und nachher seine Moränen absetzte.

Die nacheiszeitliche Tannenzeit nordseits der Alpen war eine Zeit der Seehochstände und der Moor-, besonders der Hochmoorbildungen, also eine Zeit mit reichlichen Niederschlägen und einem entsprechenden, verhältnismässig kühlen Klima. Vermutlich war das Klima der luganesischen Eichen-Tannen-Mischwaldzeit ähnlich. Da diese Zeit aber allem Anschein nach jahrtausendelang dauerte, könnten sich damals im Firngebiet der Alpen, wo die Niederschläge als Schnee fielen, nach und nach riesige Schneemassen aufgestaut und in Eis umgewandelt haben, die zuletzt als Gletscher in die Seetäler hinausrückten.

Bei Melide stellte A. Jeannet in der Ufernähe des Seedammes (Moräne) durch Bohrungen in einer Tiefe von 5 m bis 7,70 m unter dem heutigen Seespiegel torfige Ablagerungen fest, welche darauf schliessen lassen, dass der Seespiegel einst bedeutend tiefer gelegen haben muss, als er heute liegt. Die Ablagerungen wurden von W. Lüdi pollenanalytisch untersucht. Leider konnten keine zusammenhängenden Probenreihen, sondern nur einzelne Proben analysiert werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen die Horizonte von Melide (Abb. 12). Betrachtet man diese, dann bemerkt man, dass darin überall die Tanne vorherrscht. Die Torfe, aus welchen sie gezogen wurden, können also nur während einer Tannenzeit entstanden sein. Nach W. Lüdi sind sie nicht interglazial; er meint deshalb, sie müssen aus einer nacheiszeitlichen Tannenzeit stammen, und da eine solche aus der Umgebung von Lugano nicht bekannt ist, verlegt er ihre Bildung in die Eichen-Erlen-Zeit, weil er in einigen seiner Diagramme, besonders in den älteren Teilen

des Diagrammes von Fornaci, während dieser Zeit etwas reichlicheren Abiespollen festgestellt hat als vor oder nach ihr. Nun fällt aber auf, dass in den Diagrammen vom Muzzanersee die Anteile der Föhre und der Tanne während dieser Zeit überall unter 10 Pollenanteilprozenten liegen, wohingegen im Diagramm von Fornaci beide Baumarten über 20, die Tanne einmal sogar fast 30 Anteile erreicht. Woher rührt aber dieser Mehrpollen? Doch wohl kaum von einer lokalen Überstreuung her; denn der Muzzanersee liegt ja nur 1,2 km von Fornaci entfernt, ist also viel zu nahe, als dass sich dort der Einfluss einer solchen Überstreuung nicht auch bemerkbar gemacht hätte.

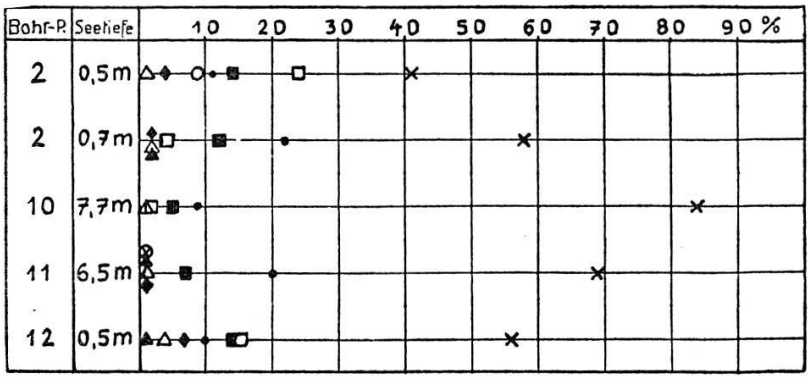

Abb. 12. Horizonte von Melide

Er muss deshalb anderswoher stammen, und wir gehen wohl kaum fehl, wenn wir annehmen, er stamme aus den im Norden und Nordwesten anstehenden Sanden, die reichlichen Blütenstaub und vorherrschend solchen der Föhre und der Tanne enthalten. Bei starken Niederschlägen können diese Ablagerungen wohl da und dort in Gräben und Rinnsalen angerissen worden sein, worauf das Wasser die gelösten Bodenteilchen und Pollen in die Moormulde von Fornaci hinunterverschwemmte und darin absetzte. Wenn dem aber so ist, dann darf das Diagramm von Fornaci nicht zu Vergleichen herangezogen werden.

Betrachten wir jetzt die Horizonte von Melide noch einmal: Stimmen sie mit ihren 50–80 Tannenanteilprozenten nicht auffallend gut mit den Horizonten der Diagramme von Noranco VIII und IX aus den lehmigen Sanden des westlichen Grubenteils oder mit denen der Mergelhorizonte des Diagrammes von Noranco IV und VI überein? Stammen sie also nicht wahrscheinlich aus Sedimenten, die vor dem Klimawechsel abgesetzt wurden, aus der Zeit des luganesischen Eichen-Tannen-Mischwaldes? Und wenn? Dann muss der Luganersee damals schon abgesenkt gewesen sein, und er wäre am Schluss der luganesischen Waldzeit bereits bis über die Moräne von Melide-Bissone hinauf eisfrei gewesen. War er aber zu dieser Zeit schon abgesenkt,

dann erhebt sich die Frage, wieso trotzdem bei Noranco weiterhin geschichtete Mergel und Sande zur Ablagerung gelangen konnten. War die Schwelle zwischen der Seebucht von Lugano und dem Tälchen von Scairolo damals etwa 20 m höher als sie heute ist, und bildete das Tälchen nach der Absenkung des regionalen Sees einen Lokalsee, der unten zwischen Casoro und Figino durch einen Moränendamm gestaut wurde? Das ist kaum möglich, da sich bei Figino ebenfalls blaue Mergel finden. Oder gab es vielleicht damals in der Gegend von Fornaci eine Quermoräne, die nur den obersten Abschnitt des Tälchens abschloss? Überreste einer solchen könnten in einer Bodenerhebung erkannt werden, die sich vom Mt. S. Salvatore her gegen Fornaci erstreckt und bei der Tonwarenfabrik in die Talebene ausgeht. Nach einer Mitteilung des Fabrikbesitzers stiess man in dieser Ebene, als man nach neuen Mergellagern suchte, bei den Grabungen überall auf Moräne. Wir sind sehr geneigt anzunehmen, dass eine solche Moräne damals bestand und dass dahinter bis zu deren Zerstörung ein kleiner See lag, der zeitenlang von den Schmelzwassern der zurückweichenden Gletscher und dann wieder nur von den Bächen der hügeligen Umgebung gespeist wurde.

Wir haben gefunden, dass die lakustren Torfe auf der Moräne von Melide-Bissone zur gleichen Zeit entstanden sein müssen wie die obersten Mergel von Noranco-Calprino. Da aber bei Calprino auf diesen Mergeln Moränen liegen, kann die Moräne von Melide nicht, wie H. Annaheim annimmt, das gleiche Alter haben wie diese, sondern muss älter sein; aber sie gehört nach der übereinstimmenden Meinung der Geologen der Würmeiszeit an. Wir denken uns die Würmeiszeit dreigeteilt und gliedern sie in Würm I, Würm II und Würm III mit je einer Zwischen-Würmzeit zwischen Würm I und II und Würm II und III. Nach unserer Ansicht gehört die zerstörte Moräne von Fornaci, hinter welcher der Stausee von Noranco lag, zu Würm I. Die Moräne von Melide-Bissone zählen wir zu Würm II, diejenige auf den Mergeln bei Calprino am Mt. S. Salvatore zu Würm III und halten beide für Endmoränen des jeweilen nach einem längeren Rückzuge von neuem im Trog des Luganersees vorgestossenen Porlezza-Arm des Addagletschers.

Der Luganersee muss während der Würmeiszeit verschiedentlich gestaut und wieder abgesenkt gewesen sein. Es erhebt sich daher die Frage, von wo aus und wie diese Spiegelstandsänderungen möglich waren. Eine Stauung des Sees konnte nur durch eine Verrammlung der Schlucht von Fornasette, 7 km unterhalb von Ponte Tresa, bewirkt werden und vermutlich nur durch einen vorstossenden Gletscher, dann allerdings über 400 m hinauf; anderseits war eine Absenkung seines Wasserspiegels nur bei Ponte Tresa, 271 m ü. M., möglich, da alle andern sonst möglichen Übergussstellen höher als 330 m ü. M. liegen. Nehmen wir nun einmal an, der Tessingletscher wäre zu Beginn der

Würmeiszeit um die gleiche Zeit bei Luino am Langensee angekommen, als der Addagletscher bei Menaggio am Comersee anlangte, dann müsste das von Luino nach Ponte Tresa vorstossende Tessineis die kaum 5 km entfernte Schlucht von Fornasette schon zu einer Zeit erreicht und verschlossen haben, als der Porlezzaarm des Addagletschers noch weit von Lugano entfernt lag. Der Luganersee wäre also bereits am Anfang der Würmeiszeit gestaut gewesen, und zwar beträchtlich über 330 m ü.M. hinauf, da die möglichen Übergussstellen in jener Frühzeit vom Gletscher noch nicht überhobelt waren und daher wahrscheinlich ordentlich höher lagen, als sie heute liegen. Tonabsetzungen, wie die am Mt. S. Salvatore in 374 m Höhe, könnten damals stattgefunden haben.

Der gleiche Vorgang würde sich später in der Würm-II-Zeit wiederholt haben, indessen mit dem Unterschied, dass der Porlezzaarm des Addagletschers nur noch bis Melide-Bissone gelangte und der übrige Teil des Sees samt dem Tälchen von Scairolo daher vermutlich von Anfang an zum grössten Teil eisfrei und gestaut lag. Die nachfolgende stufenweise Absenkung des Sees vollzog sich wahrscheinlich während des Rückzuges des Gletschers, nachdem der Luino-Arm des Tessingletschers die Schlucht von Fornasette verlassen hatte, und zwar möglicherweise in der Zeit der Klimaschwankung, auf die wir im mittleren Abschnitt des Diagrammes Noranco II schon früher aufmerksam gemacht haben, als das Klima für längere Zeit etwas kontinentaler geworden war.

In der Würm-III-Zeit floss zum letztenmal ein Eisstrom durch die Furche des Luganersees hinunter. Er erreichte aber nur noch Lugano und lagerte dort seine Moränen auf die Mergel ab.

Die Mergel lassen deutlich Jahresschichtung erkennen: Eine hellere, sandige Sommerschicht wechselt immer mit einer dunkleren, tonigen Winterschicht ab. Das erklärt sich daraus, dass die Bäche während des Sommers mehr Wasser und infolgedessen auch mehr Sand führten und ablagerten als im Winter. Wir schabten von einem Jahresschichtenpaar von 1 mm Dicke und einer Fläche von 500 mm^2 vorsichtig zuerst die Sommerschicht und nachher die Winterschicht ab. Das Material beider Schichten behandelten wir mit Salzsäure und stellten dabei fest, dass die Reaktion auf die Salzsäure beim hellen, sandigen Teil bedeutend stärker war als beim dunkeln, tonigen. Bei der pollenanalytischen Untersuchung zeigte es sich, dass die Sommerschicht fast nur feine, die Winterschicht dagegen mehr grobe pflanzliche Gewebereste enthielt. Und endlich zählten wir aus der Sommerschicht im ganzen 172 Pollen aus, während wir in der Winterschicht nur 42 fanden, also viermal weniger als in der Sommerschicht.

Im Durchschnitt zählte eine 1 cm mächtige Mergelschicht des 2. Auf-

schlusses 8–9 Schichtenpaare, was bedeutet, dass für deren Ablagerung 8 bis 9 Jahre nötig waren oder für eine meterhohe Schicht 800–900 Jahre. Die Mächtigkeit der Mergel vom Kontakthorizont im 4. Aufschluss unter Punkt 328,60 m bis hinunter zum 1. Horizont im 1. Aufschluss beträgt rund 11 m. Der Grundstein des Fabrikkamins in Fornaci liegt noch 8 m tiefer, ohne auf dem Untergrund der Mergel zu ruhen. Somit beträgt die Mächtigkeit der Mergel bei Fornaci im ganzen mindestens 20 m. So gross ungefähr schätzte sie seinerzeit auch Blumer. Bei Calprino soll sie 30 m betragen; möglicherweise waren die jährlichen Ablagerungen dort grösser als in Noranco-Fornaci. Nehmen wir nun an, es habe für die Bildung eines Meters Mergel im Durchschnitt 850 Jahre gebraucht, dann wären für die Ablagerung der Mergel von Noranco 17000 Jahre nötig gewesen. Eine 1 cm mächtige Schicht des Sandes über dem Kontakt im 4. Aufschluss zählte 9–10 Schichtenpaare. Zu deren Ablagerung waren also vermutlich 9–10 Jahre nötig.

Wir können die Zeit, während welcher die Mergel- und Sandablagerungen in Noranco stattfanden, in fünf Abschnitte einteilen:

1. Abschnitt: Bildung der unteren, älteren Mergel, der Hauptmergelmasse, mit nur vereinzelten Einschwemmungen von Gesteinen glazialer Herkunft, vermutlich von alten Moränen aus der Umgebung stammend.

2. Abschnitt: Bildung der oberen, jüngeren Mergel und regionale Absenkung des Sees. Dann Ablagerung der jüngsten Mergel und gehäufte Einschwemmungen von Schottern mit viel gekritzten und polierten Liaskalken. Später Ablagerung einer am Hang des Mt. S. Salvatore bis zu 400 m ü. M. hinaufreichenden Moräne auf die Mergel.

3. Abschnitt: Ablagerung älterer, geschichteter Sande auf die Mergel bei Fornaci unter P. 330,30 m und P. 328,60 m während der ausgehenden luganesischen Eichen-Tannen-Mischwaldzeit.

4. Abschnitt: Absetzung von Moräne auf die älteren Sande bei Fornaci unter P. 330,30 m.

5. Abschnitt: Ablagerung jüngerer Sande neben dieser und an diese Moräne.

Zeitdauer vom Beginn des 1. Abschnittes bis zum Ende der Mergelablagerungen: 17000 Jahre.

Zeitdauer vom Beginn der älteren Sandablagerungen bis zur Absetzung der Moräne unter P. 330,30 m: 900–1000 Jahre.

Zu der Moräne, die auf den Mergeln von Calprino liegt, bemerkt J. Weber: „In 400 m Höhe über Calprino bei Pazzallo lagert auf der Moräne eine etwa 2 m mächtige, wenig gegen den Berg einfallende Schicht von graugelbem, sandigem lockerem Kalk. Es befanden sich darin Kieselgehäuse von Diato-

meen und Kieselnadeln von Schwämmen, ausserdem zahlreiche gröbere Kohlenstücke, viele zerbrechliche Schalen von Süsswasser-Mollusken, grössere Muschelschalen der Gattung Unio, kleine Gehäuse der Kammschnecke *(Valvata makrostoma)* und Deckel der Schnecke *Pythinia tentaculata.* Die gefundenen Arten gehören alle der heutigen Fauna an."

Die Seekreide hatte sich wohl in einem kleinen Stauseelein gebildet. Vom daraufliegenden Boden meint K. Schmidt, er sei Moräne, während A. Penck annimmt, es handle sich um herabgestürzten Gehängeschutt[1]. Seekreide wurde seinerzeit von W. Lüdi nur am Muzzanersee erbohrt. Ihre Bildung fällt, wie aus dem Diagramm Muzzanersee II ersichtlich ist, in die Birken-Föhren-Zeit, also in eine Zeit, da die Gletscher die Gegend von Lugano schon lange für immer verlassen hatten. Ob die Seekreide am Mt. S. Salvatore ebenfalls in der Birken-Föhren-Zeit abgesetzt wurde, ist möglich.

H. Annaheim gelangte auf Grund seiner Untersuchungen zum Schluss, der Gletscher sei nach der Ablagerung einer ersten Moräne auf die Mergel von Calprino vorübergehend zurückgeschmolzen und habe dann beim neuerlichen Vorstoss über diese erste, alte Moräne, frische ausgebreitet. Wir pflichten dieser Annahme bei und verlegen daher die Entstehung des Seeleins und die Kreidebildung in jene Mitte der Gletscherschwankung, als die Gegend von Lugano eisfrei war. Vermutlich fiel sie mit jener Zeit zusammen, als bei Fornaci unter P. 328,60 (Karte) die älteren geschichteten Sande abgesetzt wurden, die nach unserer Berechnung 900–1000 Jahre gedauert haben dürfte, also lange genug, dass sich unterdessen die 2 m mächtige Seekreide hätte bilden können. Wenn wir die luganesische Eichen-Tannen-Mischwaldzeit für niederschlagsreich und ihre Niederschläge als Ursache für das Vorrücken der zweiten Würmgletscher betrachteten, so müssten wir dementsprechend im Diagramm IV während der Zeit der Ablagerung der älteren, geschichteten Sande als Widerspiegelung der Gletscherschwankung und dem nachfolgenden, endgültigen Rückzug des Gletschers im Kurvengang der Tanne zuerst ein Absinken, hierauf ein kräftiges Ansteigen und nachfolgend wieder ein Abfallen der Kurve beobachten können. Eine Prüfung ergibt, dass die Tannenkurve nicht nur im Diagramm IV, sondern auch im Diagramm VI die verlangten Bewegungen zeigt.

Wir müssen jetzt noch festzustellen versuchen, in welchem Zeitabschnitt Gschnitz-Moränen abgesetzt worden sein könnten. W. Lüdi hat in seinem Diagramm vom Muzzanersee II während der waldlosen Abies-Alnus-Pinus-Zeit drei Abschnitte unterschieden. Im mittleren herrscht die Föhre mit bis

[1] Nach einem Profil von A. Penck lagert über diesem Gehängeschutt wieder Moräne, und darüber steht Dolomit an. Liegt auf der Seekreide, aber unter dem Gehängeschutt verborgen, nicht vielleicht doch auch Moräne?

über 80 Pollenanteilen vor; die Birke ist subdominant, und die wärmeliebenden Arten stehen dementsprechend hintenan. Im älteren und jüngeren Abschnitt dagegen stehen die Föhre und die Birke etwas zurück, während dafür die wärmeliebenden Bäume stärker in Erscheinung treten, namentlich die Tanne, welche im jüngeren Abschnitt subdominant ist und bis zu 31 Anteilprozente erreicht. Die gleiche Erscheinung zeigen auch die Diagramme der Bohrungen von Coldrerio und vom Origliosee, allerdings nur, was den jüngeren Abschnitt betrifft, da die älteren Ablagerungen vermutlich an keinem der beiden Orte erbohrt wurden. Dazu meint Lüdi, es sei möglich, die Birken-Föhrenzeit des mittleren Abschnittes mit einer Klimaverschlechterung, die einen letzten Gletschervorstoss verursachte, in Verbindung zu bringen. In Anlehung an die Verhältnisse auf der Alpennordseite denkt er dabei an den Gschnitz-Vorstoss. Nun ist es aber so: Lüdi nimmt an, die Gschnitz-Moränen seien in der vermutlich ziemlich kontinentalen Birken-Föhrenzeit des mittleren Abschnittes abgesetzt worden, wohingegen wir eher glauben, ihre Ablagerungen haben in der nachfolgenden Zeit mit der subdominanten Tanne stattgefunden, ist doch der Gletscher bei Lugano-Noranco auch nicht in einer Zeit kontinentalen Klimas vorgerückt, sondern eines mehr ozeanischen. Übrigens nehmen wir nicht an, dass die Gletscher damals vorgerückt seien; wir halten die Gschnitz-Zeit vielmehr für eine Zeit der Gletscherstillstände, während welcher der Betrag der sommerlichen Eisabschmelzung in ihrem Zungengebiet durch den Betrag der jährlich neugefallenen Schneemenge im Firngebiet jeweilen wettgemacht wurde. Ablagerungen, die von einem Gschnitz- oder Daun-Vorstoss herrühren könnten, finden sich im Gebiet scheinbar nicht. Vielleicht, dass die Gletscher in der Quercus-Alnuszeit, als zeitweilig auch die Tanne wieder vorkam, ihre letzten kurzen Daunhalte machten.

W. Lüdi untersuchte in der Gegend von Lugano am Muzzanersee und in der Nähe von Fornaci die spätglazialen und nacheiszeitlichen Ablagerungen. Am Südufer des Muzzanersees führte er Bohrungen aus, wobei er beim ersten Bohrversuch in 3,70 m Tiefe mit dem Bohrer entweder auf Fels oder auf einen grösseren Stein und beim zweiten in 4,20 m Tiefe auf eine steinige Unterlage stiess, vielleicht auf verschwemmte Moräne, die das Weiterbohren verunmöglichte. Das betreffende Diagramm vom Muzzanersee II zeigt denn auch in seinem untersten Abschnitt älteste Blütenstaubhorizonte, die – wie Lüdi richtig bemerkt – aus der ersten Zeit nach dem Gletscherrückzug stammen. Diese Horizonte nun, abgesehen von der Hasel, die wir nicht gefunden haben, stimmen nicht nur in der Artenzusammensetzung ihres Pollens mit den obersten Horizonten unseres Diagramms von Noranco V aus der waldarmen Zeit völlig überein, sondern auch insofern, als darin die Buche vorkommt, die Föhre vorherrscht und die Tanne subdominant ist (Abb. 13, oberster

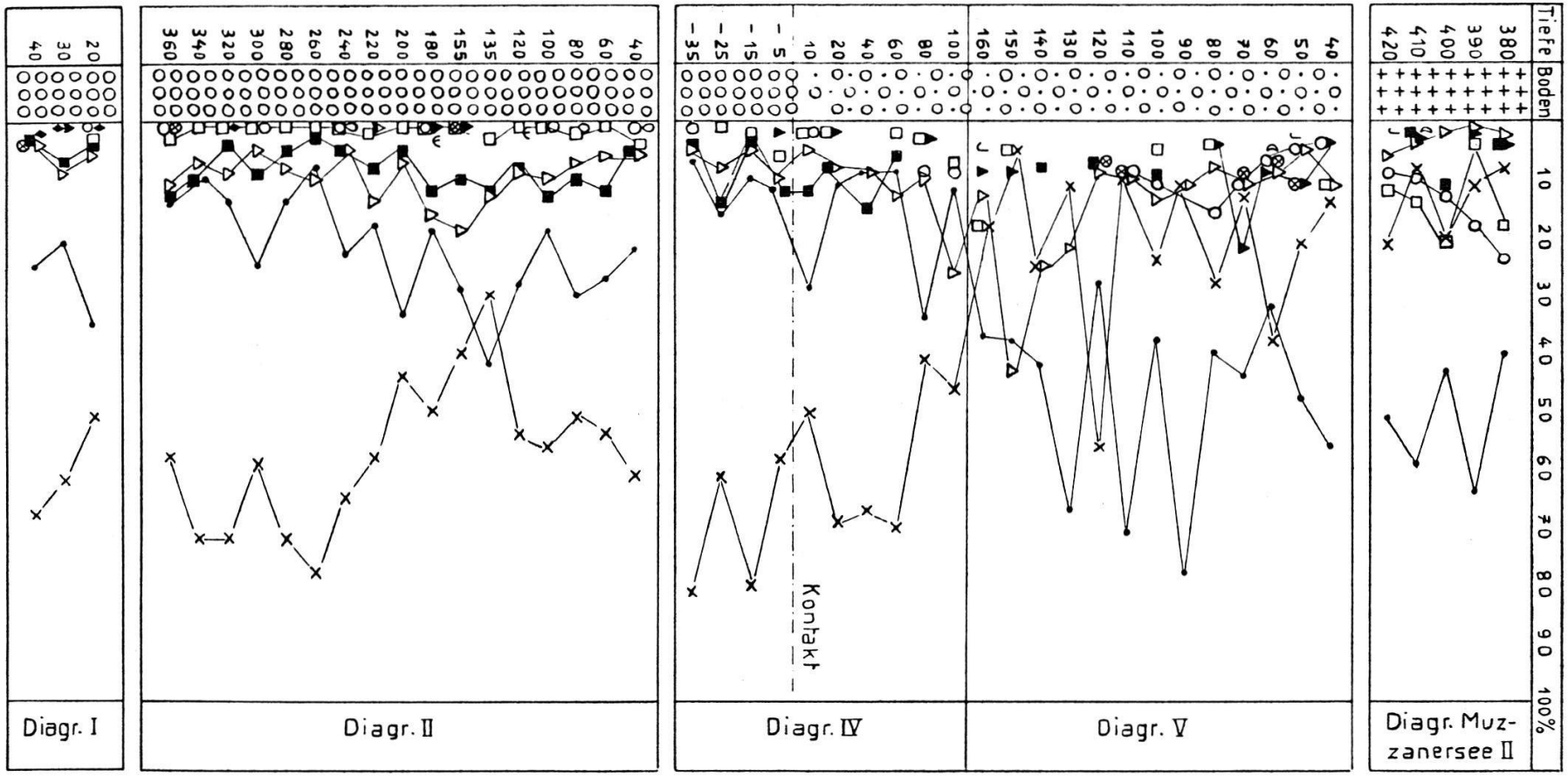

Abb. 13. Diagramm-Verbindung nach Höhenlage der Profile

Abschnitt). Selbstverständlich ist damit nicht gesagt, sie müssen unbedingt zusammengehören; indessen halten wir es doch für möglich, dass das Diagramm vom Muzzanersee II zwar nicht unmittelbar, aber von einem wenig späteren Zeitpunkt an, die Fortsetzung der Diagramme von Noranco IV und V bilden könnte. Die Diagramme von Noranco I, II, IV, V und das als Fortsetzung sich anschliessende Diagramm vom Muzzanersee II liessen darnach einen Vegetationsverlauf erkennen, welcher mit der luganesischen Eichen-Tannen-Mischwaldzeit begänne, nach einem Klimawechsel zunächst in eine waldarme Zeit mit vorherrschender Föhre und anschliessend in eine waldlose Abies-Alnus-Pinuszeit überginge, worauf nacheinander noch eine Betula-Pinuszeit, eine Quercus-Alnuszeit und eine Castanea-Juglans-Ostryazeit folgten. Der Einwand, das Diagramm vom Muzzanersee II könne nicht die Fortsetzung des Diagramms von Noranco V bilden, weil auf den Norancomergeln Moräne lagere, kann deshalb nicht stimmen, weil die 3,20 m mächtige Moräne unter P. 330,30 m dem Sand im Horizont von 327 m aufliegt (Abb. 2), die 10 m östlich davon entfernten Sande dagegen bis zu 328,60 m anstehen und nicht von der Moräne bedeckt sind. Es dürfte sich an der betreffenden Stelle, die wir im Plan strichpunktiert eingezeichnet haben, um einen von einem Eisfinger des Gletschers in den lokalen Stausee abgelagerten, kleineren Haufen von Moräne oder auch um verschwemmte Moräne handeln, zu deren beiden Seiten sich nach ihrer Ablagerung noch weiterhin Sande absetzten, bis sich der See absenkte. Die Seeabsenkung hing vermutlich mit dem endgültigen Rückzug des Gletschers zusammen: Die Zufuhr bislang im Eis gebundener Wassermassen durch die Schmelzwasserbäche verursachte einen andauernden Hochstand des verhältnismässig kleinen Lokalsees, und dieser wiederum bewirkte, dass die stauende Moräne bei Fornaci durch die überflutenden und scheuernden Wasser zusehends erniedrigt wurde, bis sie zuletzt fast gänzlich weggeräumt war, und die in ihrem Schutz entstandenen Mergel und Sande, der Verwitterung preisgegeben, offen zutage lagen.

Bei Lavena am Luganersee wurde von A. Jeannet im Seebecken von Agno, 80 m vom Ufer entfernt, Bohrungen durchgeführt, und zwar 11 m, 11,5 m und 12,5 m unter dem mittleren Seespiegelstand bei einer Wasserhöhe von 6,19 m. In der Tiefe zwischen 10,55 m und 11,34 m unter dem Wasserspiegel fand sich eine Schicht mit vielen eckigen Steinen, Knochen, einem aufgeschlagenen Röhrenknochen, Muscheln und kohligem Material, das an Kulturschichten von Pfahlbauten erinnerte. Jeannet hält sie für interglazial. Die pollenanalytische Untersuchung wurde von W. Lüdi besorgt (Abb. 14). Er schreibt dazu: „Die Pollenspektren zeigen übereinstimmend Pinusdominanz. Abies ist im untersten Spektrum nur vereinzelt (2%) enthalten, wird aber in den oberen Spektren mit 26% bzw. 21% subdominant. Reichlich ist

der Pollen des Eichenmischwaldes, besonders der Eiche, in der obersten Probe auch der der Hasel. Alnuspollen schwankt in der Zahl. Vereinzelt fand sich auch Pollen der Buche, Birke, Fichte, der Esche und des Ahorns." Wenn man die Horizonte betrachtet, könnte man zuerst meinen, der Pollenniederschlag stamme aus der von Lüdi festgestellten spätglazialen waldlosen Abies-Alnus-Pinuszeit; allein der reichliche Baumpollen- und der spärliche Nichtbaumpollengehalt (im Durchschnitt nur 2%) sprechen dagegen. Dann fehlt namentlich auch die Birke, deren Prozentanteil sich in den Diagrammen vom Muzzanersee während jener Zeit zwischen 10% und 20% bewegt. Besser würden die Horizonte mit solchen des Diagrammes Noranco V übereinstimmen; allein die Horizonte von Noranco mit ihrem spärlichen Blütenstaubgehalt weisen auf eine waldarme Zeit hin, während der reichliche Pollen in den Horizonten von Lavena eher auf eine gute Bewaldung schliessen lässt. Dann muss aber noch etwas anderes in Betracht gezogen werden: Im westlichen Teil der See-Enge von Lavena fanden sich in 400 cm und 500 cm Tiefe Ablagerungen mit 72% bzw. 69% Abiesanteilen. Sie gehören offenbar, ähnlich wie diejenigen von Melide, der luganesischen Eichen-Tannen-Mischwaldzeit an. Wenn nun die föhrenzeitlichen Ablagerungen von Lavena gleichaltrig wären wie die Sande der waldarmen Zeit von Noranco, dann müssten sie wie diese auf den Sedimenten der luganesischen Mischwaldzeit ruhen. Sie ruhen aber nicht darauf, sondern liegen viel tiefer und müssen folglich vor ihr entstanden sein. Die grosse Anzahl der ausgezählten Blütenstaubkörner der einzelnen Horizonte (290, 98 und 233 Pollen) bietet offenbar Gewähr dafür, dass die artenmässige Zusammensetzung des Waldes, von welchem sie eingestreut wurden, im Hundertsatz richtig ist. Darnach waren im Wald, den der tiefste Horizont abbildet, die Föhre vorherrschend, der Eichenmischwald subdominant und die Tanne und Hasel selten. Diesem ältesten Wald folgt in den nächsten zwei Horizonten ein Eichen-Hasel-Föhrenwald mit zunehmender Tanne und hinzugekommener Fichte. Das Vorherrschen der Föhre im ganzen lässt annehmen, das Klima sei während der Zeit dieser Wälder mehr oder weniger kontinental gewesen. Und gehen wir fehl, wenn wir vermuten, es könnten diese Föhren-Mischwälder dem luganesischen Eichen-Tannen-Mischwald einst mittel- oder unmittelbar vorausgegangen sein?

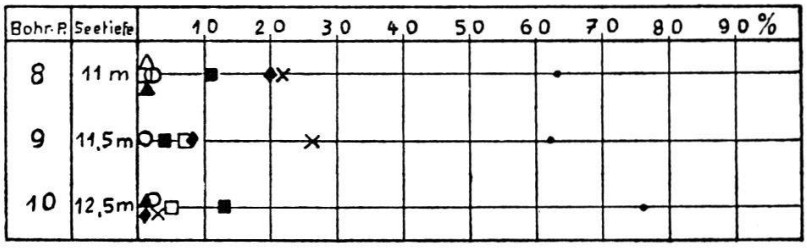

Abb. 14. Horizonte von Lavena

Wir wollen nun noch zusammenfassend versuchen, die Ablagerungen von

Lugano und seiner Umgebung, die wir als ein ineinander-verwobenes Ganzes betrachten, in die geologische Entwicklung der Würmeiszeit einzuordnen: In der Würm I-Zeit rückten die Gletscher vor. Wahrscheinlich wurde der Luganersee dabei erstmals und vermutlich bis gegen 400 m ü.M. hinaufgestaut. Die ältesten „Tone" lagerten sich ab. Das damalige Klima halten wir für ozeanisch ausgeglichen mit sehr reichlichen Niederschlägen. Darauf folgt die 1. Zwischen-Würmzeit, die 8000 bis 10000 Jahre gedauert haben dürfte und daher statt als Interstadialzeit eher als Interglazialzeit anzusprechen wäre. In dieser Zeit zogen sich die Gletscher mit verschiedenen Zwischenhalten, während welchen sie Stadialmoränen absetzten, wieder zurück. Zu den damals abgelagerten Moränen gehört vermutlich die später zerstörte Moräne von Fornaci zwischen dem Mt. S. Salvatore und dem Hügelzug von Noranco, hinter der sich ein Lokalsee staute, in welchem sich in der Folge die ältesten Mergel von Noranco absetzten. Das Klima war im allgemeinen kontinental trocken. In den Gebieten der Umgebung des Sees aber war die Luft im Sommer feucht, was auf den eisfrei gewordenen Böden das Aufkommen von Wald begünstigte: Föhrenfluren, zuerst von Arten des Eichen-Mischwaldes durchsetzt (Horizonte von Lavena!); dann Eichen-Mischwald mit Hasel und zunehmende Tanne gemischt. Der Porlezzaarm des Addagletschers und der Tresaarm des Tessingletschers waren wahrscheinlich bis zu ihren Stammgletschern zurückgeschmolzen. Die Tresaschlucht bei Fornasette war tiefer ausgebaggert als gegenwärtig, und der Seespiegel lag niedriger, als er heute liegt. Die 1. Zwischen-Würmzeit mag von der oben erwähnten Föhren-Mischwaldzeit bis ungefähr zur Mitte der luganesischen Eichen-Tannen-Mischwaldzeit gedauert haben, als die Witterungsverhältnisse wieder bereits stark ozeanisch geworden waren. Das Klima der folgenden Würm II-Zeit zeigte einen ähnlichen Charakter wie das von Würm I. Es war ausgeglichen mit kühlen Sommern und verhältnismässig milden Wintern. Die Gletscher rückten abermals vor. Das Tresaeis des Tessingletschers verrammelte die Schlucht bei Fornasette neuerdings, und der See staute sich, bis sein Spiegel 327 m ü.M. stand und vermutlich die Moräne bei Fornaci unter Wasser setzte, so dass der Lokalsee von Noranco zu einem Teil des regionalen Luganersees wurde. Wie lange der See so hoch lag, wissen wir nicht, wir wissen nur, dass er sich später wieder absenkte, wahrscheinlich stufenweise, und zwar bis unter seinen gegenwärtigen Spiegelstand. Die Absenkung setzte mit dem Rückzug des Tresaeises aus der Fornasettaschlucht ein, etwa um die Zeit, als der Porlezzaarm des Addagletschers seine Zunge hinter den Mt. S. Salvatore zurückgenommen hatte.

Nach der Seeabsenkung lag hinter der Moräne von Fornaci wieder der Lokalsee von Noranco, und zwischen Melide und Bissone erhob sich die

Moräne stellenweise über Wasser. In den Stausee von Noranco lagerten die Schmelzwasser des näherkommenden Würm III-Porlezzagletschers zunächst ihr Geschiebe ab, und nachher gelangte bei Calprino am Mt. S. Salvatore eine Moräne auf den von gekritzten Geschieben durchsetzten Mergeln zur Ablagerung. Der ganze südliche See von Lugano an abwärts bis nach Capolago und Porto Ceresio samt der Landschaft zwischen dem Comer- und Luganersee waren damals wahrscheinlich eisfrei. Ein artenreicher und ausgedehnter Eichen-Tannen-Mischwald mit Buchs und pontischer Alpenrose im Unterholz muss die Hügel dieser Landschaft und namentlich auch diejenigen in der unmittelbaren Umgebung von Lugano geschmückt haben. Die Würm II- und Würm III-Zeit samt der dazwischenliegenden 2. Zwischen-Würmzeit dürften ungefähr 7000 bis 8000 Jahre gedauert haben.

Dann änderte sich das ozeanisch-ausgeglichene Klima. Es wurde kontinentaler und nahm zunächst einen Übergangscharakter an. Während dieser Zeit zog sich der Gletscher vermutlich etwas von Lugano zurück. Bei Fornaci wurden die älteren Sande abgesetzt, und auf der Moräne bei Pazzallo bildete sich in einer Mulde mit stehendem Wasser Seekreide. Darauf rückte der Gletscher wieder vor, überfuhr die ersten Moränen und legte seinen Schutt bei Pazzallo auf die Seekreide und bei Fornaci auf die älteren Sande.

In der darauffolgenden Späteiszeit war das Klima wieder kontinental trocken. Neben dem Gletscherschutt auf den älteren Sanden bei Fornaci setzten sich die jüngeren Sande ab. Dann wurde die Moräne, welche den Lokalsee von Noranco staute, durch den Schmelzwasserstrom, des sich zurückziehenden Gletschers weggeräumt und gleichzeitig der grössere Teil der abgelagerten Mergel ausgefurcht und verschwemmt. In der entstandenen Mulde setzten sich zuerst Tone ab und darauf jene sandige Gyttja, die W. Lüdi bei Fornaci erbohrt hat. Auf eine zunächst waldarme Zeit folgte eine waldlose mit Tundren in der Gletschernähe und weitverbreiteten Grasfluren und Steppen im Vorland.

Die Gschnitz-Zeit war etwas feuchter. Die Gletscher rückten zwar nicht mehr vor; aber sie blieben stehen und lagerten Moränen ab. Die zurückgedrängt gewesenen wärmeliebenden Baumarten erlebten vorübergehend eine Neuentwicklung. Die folgende Nacheiszeit, die Birken-Föhrenzeit, war wieder kontinental-trocken.

Unser Klimagang durch die Würm-Eiszeit hindurch hat fünf Lebensräume aufgedeckt, in welche sich unter Umständen die fünf der Würm-Eiszeit zugeordneten Kulturen einordnen liessen. Es könnten darnach gedauert haben: 1. das Kalte Moustérien während des Würm I-Gletschervorstosses und der nachfolgenden ersten Zeit seines Rückzuges; 2. das Aurignacien während der 1. Zwischen-Würmzeit; 3. das Solutréen von der 2. Zwischen-

Würmzeit an bis und mit Würm III; 4. das Magdalénien während der Späteiszeit, und 5. das Azilien von der Gschnitz-Zeit an bis und mit der Birken-Föhrenzeit. Die von A. Jeannet im Seebecken von Agno festgestellten Kulturschichten könnten vielleicht noch dem Kalten Moustérien zugeordnet werden, wahrscheinlich aber besser dem frühen Aurignacien (Übersichtstabelle).

Wir möchten noch erwähnen, dass wir den aus den Ablagerungen von Noranco und dem Luganersee ermittelten Klimagang durch die Würm-Eiszeit hindurch zu einem grossen Teil bereits 1949 auch nordseits der Alpen aus den Mergeln von Weiherbach im Kanton Luzern nachweisen konnten. Das Diagramm von Weiherbach zeigt besonders schön auch die Schwankung des Würm III-Gletschers vor dem Übergang aus der Haupteiszeit in die Späteiszeit sowie den darauffolgenden scharfen Vegetationswechsel, wobei auf einen Tannen-Föhren-Fichtenwald eine waldlose Zeit folgt. Bemerkenswert ist sodann in bezug auf die eichen-tannenzeitlichen torfigen Bildungen auf der Moräne von Melide-Bissone der Umstand, dass sich am seeseitigen Fuss der Moräne von Sursee tannen-föhren-fichtenzeitliche Ablagerungen finden, also Ablagerungen, die gleichaltrig sein könnten wie diejenigen auf der Moräne von Melide.

Zum Schluss bleibt uns noch die angenehme Pflicht, Herrn Direktor Dr. W. Lüdi vom Geobot. Forschungsinstitut Rübel in Zürich für seine uns vielfach gewährte Mithilfe, insbesondere bei den Feldarbeiten, herzlich zu danken, und ebenso auch Frl. Dr. M. v. Rochow. Dem Forschungsinstitut Rübel danken wir besonders für die finanzielle Unterstützung, die uns erlaubte, die Grube von Noranco zweimal zu besuchen.

Literaturverzeichnis

Annaheim, H.: Diluviale Ablagerungen aus der Umgebung von Lugano. Sonderdruck aus Ecl. Geol. Helv. 27, No 2, 1934.

– Die Entstehung des Luganersees. Sonderdruck aus „Die Alpen", 1936, Hefte 10 u. 11.

Beck, P.: Über das Pliozän und Quartär am Alpensüdrand zwischen Sesia und dem Iseosee. Sonderdruck aus Ecl. Geol. Helv. 28, No 2, 1935.

Brockmann-Jerosch, H.: Fundstellen von Diluvialfossilien bei Lugano. Vierteljahresschrift Nat. Ges. Zürich 68, 1923, Beiblatt 1 (1–7).

Jeannet, A., und Lüdi, W.: Sublakustre alluviale Torfe und humose Sande im Luganersee. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel. 1943, 1944 (72–89).

Lüdi, W.: Die Waldgeschichte des südlichen Tessin seit dem Rückzuge der Gletscher. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1943, 1944 (12–71).

Müller, P.: Pollenanalytische Untersuchungen in eiszeitlichen Ablagerungen bei Weiherbach (Kt. Luzern). Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1949, 1950 (67–94, 10 Abb.).

Müller, P.: Die Geschichte der Moore und Wälder am Pilatus. Veröff. Geobot. Inst. Rübel 24 1949 (94 S.).

Weber, J.: Geologische Wanderungen durch die Schweiz. Clubführer, 3. Bd., herausg. v. S.A.C. 1915.

Würm-gletscherstand		Klima	Spiegelstand des Luganersees	Ablagerungen bei Lugano-Noranco	Wald im Gebiet	Geschichtlicher Zeitabschnitt
1. Vorstoss bis zu den äussersten Moränen	W I	Ozeanisch ausgeglichen, kühl mit reichlichen Niederschlägen	Verrammlung der Schlucht bei Fornasette. Stauung des Sees bis 400 m ü. M. hinauf	Tone am Monte San Salvatore	Zerstört	Kaltes Moustérien
Rückzüge mit Zwischenzeiten	W I–W II	Kontinental	Absenkung des Sees bis unter seinen heutigen Spiegelstand	Moräne bei Fornaci-Noranco	Föhrenfluren	Kaltes Moustérien
Weiterer Rückzug		Ozeanisch werdend	Spiegelstand des Sees immer noch abgesenkt	Beginn der Absetzung der älteren Mergel im Lokalsee von Noranco	Eichenmischwald mit Hasel und zunehmender Tanne gemischt	Aurignacien
2. Vorstoss bis Melide–Bissone	W II	Ozeanisch ausgeglichen, kühl, Niederschl. reichlich	2. Verrammlung der Schlucht bei Fornasette. Seespiegelstand 327 m ü. M.	Weitere Absetzung von älteren Mergeln	Eichen-Tannen-Mischwald	Ausgehendes Aurignacien
Rückzug bis hinter den Mt. S. Salvatore	W II–W III	Vorübergehend kontinentaler (Klimaschwankung)	Stufenweise Absenkung des Seespiegels bis unter den gegenwärtigen Stand	Ablagerung der jüngeren Mergel	Rückgang der Tanne. Stärkeres Aufkommen der Föhre. Leichte Zunahme der Eiche und Fichte	Solutréen
3. Vorstoss bis an den Mt. S. Salvatore	W III	Ozeanisch ausgeglichen, kühl, sehr reichliche Niederschläge	Der Seespiegel bleibt wahrscheinlich abgesenkt. Keine neue Verrammlung der Schlucht bei Fornasette	Ablagerung der jüngsten Mergel mit gekritzten Geschieben, von Schottern, Sanden und Moränen	Starkes Vorherrschen der Tanne gegenüber dem restlichen Mischwald	Ausgehendes Solutréen
Schwankung des Gletschers und letzter Rückzug	Spät-Eiszeit	Scharfer Wechsel vom ozeanischen zum kontinentalen Klima	Der Seespiegel bleibt weiterhin abgesenkt	Ablagerung neuer Moränen und Anlagerung von Sanden an die Moräne unter P. 330,30 bei Fornaci. Zerstörung des Lokalsees von Noranco	Auflösung des luganesischen Eichen-Tannen-Mischwaldes. Dann waldarme Zeit	Magdalénien
Weiterer Rückzug		Kontinental	Der Seespiegel bleibt weiterhin abgesenkt	Keine Ablagerungen	Waldlose Zeit mit offenen Grasfluren. Vereinzelte Gehölze. Es kommen die Birke, Erle, Fichte und Tanne vor. Die Föhre ist vorherrschend	Magdalénien
Gschnitz-Stand		Etwas mehr Niederschläge als vorher und nachher; wärmer	Leichtes Ansteigen des Seespiegels	Keine Ablagerungen	Waldlose Zeit. Die Föhre herrscht vor. Neben der Birke, Erle, Fichte und Tanne ist auch die Buche da. Die Tanne ist subdominant	Azilien